

APPENDIX C SPESIFIKASI ALAT

1. Gudang Penyimpanan C₆H₁₂O₅ (F-111)

Fungs : Untuk tempat penyimpanan dan persediaan C₆H₁₂O₅ selama 30 hari

Type : Gudang

Dasar Perencanaan

waktu tinggal = 7 hari

massa = 6313,13131 kg/jam = 13918,14483 lb/jam

Komponen	Berat (kg/j)	Fraksi Berat	Bahan (kg/m ³)
C ₆ H ₁₂ O ₅	6313,1313	1	1654
Total	6313,1313		

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \text{fraksi berat}/\rho \text{ komponen}} \times 62,43 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 103,25922 \text{ lb/ft}^3$$

Perhitungan :

Volume NaOH selama waktu tinggal 7 hari

$$VL = \frac{\text{massa PATI}}{\rho \text{ PATI}} = \frac{13918,1448 \text{ lb/jam}}{103,25922 \text{ lb/ft}^3} = 134,788398 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 134,788398 \text{ ft}^3 \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} \times 7 \text{ hari}$$

$$= 22644,4508 \text{ ft}^3$$

Asumsi : NaCl mengisi gudang sebesar 80% dari volume total

Volume ruang kosong = 20% volume gudang

Volume gudang = Volume bahan + 0.2 Volume gudang

$$0,8 \text{ volume gudang} = 22644,4508$$

Volume gudang = 28305,5636 ft³

$$= 801,528643 \text{ m}^3$$

Karena volume total gudang = P × L × t

Dimana t = 16,4 ft

$$P = 2 \times \text{Lebar}$$

Maka,

$$V = (2 \times L) \times L \times t$$

$$28305,6 = (2 \times L \times L) \times 16,4$$

$$L = 29,3728458 \text{ ft} = 1 \text{ ft}$$

$$P = 2 \times L$$

$$P = 2 \times 1 \text{ ft}$$

$$= 2 \text{ ft}$$

Jadi, dimensi gudang bahan baku NaOH

$$\text{Panjang} = 2 \text{ ft} = 24 \text{ in}$$

$$\text{Lebar} = 1 \text{ ft} = 12 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi} = 16,4 \text{ ft} = 197 \text{ in}$$

SPEKIFIKASI ALAT :

- Bahan Konstruksi : Beton bertulang
- Panjang Gudang : 24 in
- Lebar Gudang : 12 in
- Tinggi Gudang : 197 in
- Jumlah : 1 buah

2. Screw Conveyor (J-112)

Fungsi : Mengangkut C₆H₁₂O₅ dari gudang penyimpanan menuju ke bin penampung

Type : Horizontal screw conveyor

Dasar Perencanaan:

- Kapasitas : 6313,13131 kg/jam = 13918,1448 lb/jam
- Densitas : 103,25922 lb/ft³
- Rate Volumetrik: $\frac{\text{Kapasitas}}{\rho} = \frac{13918,1448 \text{ lb/jam}}{103,25922 \text{ lb/ft}^3}$
= 134,788398 ft³/jam
- Faktor keamanan 20%
= 1,2 × 134,788398
= 161,746077 ft³/jam

Berdasarkan Tabel 21-6 Perry 8ed, didapatkan:

- Kapasitas : 200 ft³/jam = 3,33333 ft³/min
- Diameter piringan : 9 in
- Diameter pipa : 2,5 in
- Diameter corong : 2 in
- Hanger centers : 10 ft = 120 in
- Panjang : 15 ft = 180 in

Perhitungan

$$H_p = \frac{C \times L \times W \times F}{33000}$$

Dimana

- C : Kapasitas screw conveyor
- L : panjang screw conveyor
- W : berat jenis material
- F : faktor material (2.5)

$$H_p = \frac{3,33333 \text{ ft}^3/\text{mi} \times 15 \text{ ft} \times 103,259 \text{ lb/ft}^3 \times 2,5}{33000}$$

$$= \frac{33000}{0,39113341} \text{ hp}$$

Efisiensi motor = 80%

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{Daya total}}{\eta \text{ motor}}$$

$$= \frac{0,39113341}{0,8}$$

$$= 0,48891676 \text{ hp} = 1 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI ALAT :

- Type : Horizontal screw conveyor
- Kapasitas : 13918,1448 lb/jam
- Panjang : 15 ft
- Daya motor : 1 hp
- Jumlah : 1

3. Bucket Elevator (J-113)

Fungsi : Untuk mengangkut C6H12O5 dari belt conveyor menuju bin penampung

Type : Centrifugal Discharge Spaced Buckets

Kondisi Operasi:

- Massa : 6313,13131 kg/jam = 13918,1448 lb/jam
- Densitas : 103,2592 lb/ft³
- Suhu : 30 C = 86 F
- Tekanan : 1 atm = 14,7 psia

Dasar Perancangan:

Dari Ulrich Tabel 4-4, hal. 71

- Tinggi : 25 m
- Bahan : Carbon Steel

Dari Perry, Tabel 21-8

- Kapasitas : 14 ton/jam
- Ukuran Bucket : 6 × 4 × 4,25 in
- Size of Lump Handle: 3/4 in
- Bucket speed : 225 ft/min
- Head shaft : 43 r/min
- Required of Head shaft : 1 hp
- Lebar belt : 7 in
- Diameter Shaft : - Head : 1 15/16 in
- Shaft : 1 11/16 in
- Diameter Pulley : - Head : 20 in
- Shaft : 14 in

- Elevator center : 25 ft
- Perhitungan
Faktor keamanan 20% (Vibrant Tabel 2-2 Hal. 23), maka kapasitas pemilihan:

$$1,2 \times 6313,13131 \text{ kg/jam} = 7575,75758 \text{ kg/jam}$$

$$= 16973,1818 \text{ lb/jam}$$

Untuk kapasitas 7575,75758 kg/jam diperlukan:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Bucket} &= \frac{\text{kapasitas bucket elevator}}{\text{kapasitas bucket elevator teoritis}} \times \text{kecepatan} \\ &= \frac{16973,18182}{14000} \times 225 \\ &= 272,7832792 \text{ ft/min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Putaran head speed} &= \frac{\text{kapasitas bucket elevator}}{\text{kapasitas bucket elevator teoritis}} \times \text{head shaft} \\ &= \frac{16973,18182}{14000} \times 43 \\ &= 52,13191558 \text{ r/min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya head shaft} &= \frac{\text{kapasitas bucket elevator}}{\text{kapasitas bucket elevator teoritis}} \times \text{daya} \\ &= \frac{16973,18182}{14000} \times 1 \\ &= 1,21237013 \text{ hp} \\ &= 2 \text{ hp} \end{aligned}$$

SPESIFIKASI ALAT :

- Type : Centrifugal discharge spaced buckets
- Kapasitas : 16973,1818 lb/jam
- Kecepatan : 272,783279 ft/min
- Daya head speed : 2 hp
- Putaran head speed : 52,1319156 r/min
- Jumlah : 1

4. Bin Penampung $C_6H_{12}O_5$ (F-114)

Fungsi : Menampung $C_6H_{12}O_5$ sebelum masuk tangki pelarut

Type : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 60°

Dasar Perencanaan:

- Bahan konstruksi : Carbon steel SA 240 grade M Type 316
- f : 18750 psi
- E : 0,8

$$- C \quad : \quad \frac{1}{16}$$

$$- \text{Waktu tinggal} \quad : \quad 1 \text{ jam}$$

$$- \text{Volume ruang kosong} \quad : \quad 20\%$$

Kondisi Operasi:

$$- \text{Suhu} \quad : \quad 30 \text{ C} = 86 \text{ F}$$

$$- \text{Tekanan} \quad : \quad 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psia}$$

$$- \text{Massa} \quad : \quad 6313,13131 \text{ kg/jam} = 13918,1448 \text{ lb/jam}$$

$$- \text{Densitas} \quad : \quad 1654 \text{ kg/m}^3 = 103,25922 \text{ lb/ft}^3$$

Perhitungan:

- Menentukan volume bin

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Kapasitas}}{\rho} \\ &= \frac{13918,1448 \text{ lb/jam}}{103,25922 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 134,788398 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume bahan selama 1 jam

$$\begin{aligned} &= 1 \times 134,788398 \\ &= 134,788398 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Asumsi bahan mengisi bin sebanyak 80% volume total, sehingga:

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= V \text{ bahan} + V \text{ ruang kosong} \\ V \text{ total} &= 134,788398 + 0,2 V \text{ total} \\ 0,8 V \text{ total} &= 134,788398 \\ V \text{ total} &= 168,485497 \text{ ft}^3 \\ &= 4,77100383 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari Ulrich Tabel 4-27, diperoleh volume maksimal tiap bin yaitu 4 m³. direncanakan jumlah bin 1 buah, maka bin yang direncanakan memenuhi

Asumsi :

$$L_s = 1,5 \text{ di}$$

$$\alpha = 60$$

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= V \text{ tutup bawah} + V \text{ silinder} \\ &= \frac{\pi di^3}{24 \tan \frac{1}{2}\alpha} + \frac{\pi di^2 L_s}{4} \end{aligned}$$

$$\tan 30 = 0,57735027$$

$$168,485497 \text{ ft}^3 = 0,22660998 \text{ di}^3 + 1,1775 \text{ di}^3$$

$$168,485497 \text{ ft}^3 = 1,40410998 \text{ di}^3$$

$$di^3 = 119,994516 \text{ ft}^3$$

$$di = 4,93234901 \text{ ft}$$

$$= 59,1887895 \text{ in}$$

- Menentukan tinggi bahan dalam silinder (H)

$$V \text{ bahan} = \frac{\pi d_i^2 H}{4}$$

$$134,788398 \text{ ft}^3 = \frac{3,14}{4} \times 4,93235^2 \times H$$

$$134,788398 \text{ ft}^3 = 19,0975324 H$$

$$H = 7,05789602 \text{ ft}$$

$$= 84,6956128 \text{ in}$$

$$= 2,15127287 \text{ m}$$

- Menentukan tekanan design

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia} = 0 \text{ psig}$$

$$P \text{ design} = P \text{ operasi} + \rho \times g \times H$$

$$= 1 + 35582,0532 \text{ N/m}^2$$

$$= 1 + 0,35116756 \text{ atm}$$

$$= 1,35116756 \text{ atm}$$

$$= 5,16075849 \text{ psig}$$

- Menentukan tebal silinder (ts) :

$$\begin{aligned} ts &= \frac{P \text{ design} \times d_i}{2((f \times E) - (0,6 \times P \text{ design}))} + C \\ &= \frac{5,16075849 \times 59,1887895}{2(15000 - 3,09645509)} + \frac{1}{16} \\ &= 0,072684071 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{1,16295}{16} = \frac{3}{16} \end{aligned}$$

- Standardisasi do

$$do = d_i + 2 ts$$

$$= 59,1888 + 2 \frac{3}{16}$$

$$= 59,5637895 \text{ in} = 4,96359869 \text{ ft}$$

dari Tabel 5.7 hal. 91 Brownell & Young diperoleh do = 12 in

$$d_i \text{ baru} = do - 2 ts$$

$$= 12 - 2 \frac{3}{16}$$

$$= 11,625 \text{ in} = 0,96874016 \text{ ft}$$

$$L_s = 1,5 \times d_i \text{ baru}$$

$$= 1,5 \times 11,625 \text{ in}$$

$$= 17,4375 \text{ in}$$

- Menentukan tebal tutup bawah

$$\begin{aligned}
 thb &= \frac{\pi \times di}{2 (f \times E - 0,6 \times \pi) \cos \frac{1}{2}\alpha} + C \\
 \cos 30 &= 0,86603 \\
 &= \frac{5,16075849 \times 11,625}{2 (15000 - 3,09646) \times 0,86603} + \frac{1}{16} \\
 &= 0,06480964 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{1,03695}{16} = \frac{3}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Menentukan tinggi tutup bawah

$$\begin{aligned}
 hb &= \frac{1}{2} di \tan \frac{1}{2} \alpha \\
 \tan 30 &= 0,57735 \\
 hb &= \frac{1}{2} \times 11,625 \times 0,577350269 \\
 &= 8,05403626 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{tinggi tangki} &= \text{tinggi shell} + \text{tinggi tutup bawah} \\
 &= 17,4375 + 8,05404 \\
 &= 25,4915 \text{ in}
 \end{aligned}$$

SPEKIFIKASI ALAT :

- Nama : Bin penampung $C_6H_{12}O_5$
- Type : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 60°
- Bahan : Carbon steel SA 240 grade M Type 316
- Pengelasan : Double welded butt joint
- Kapasitas : 168,485497 ft³
- Dimensi vessel :

di :	11,625	in	hb :	8,05404	in
do :	12	in	tinggi tangki :	25,4915	in
thb :	$\frac{3}{16}$	in	ts :	$\frac{3}{16}$	in

5. Bin Penampung NaOH (F-115b)

Fungsi : Menampung NaOH sebelum masuk tangki pelarut

Type : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 60°

Dasar Perencanaan:

- Bahan konstruksi : Carbon steel SA 240 grade M Type 316
- f : 18750 psi
- E : 0,8
- C : $\frac{1}{16}$

- Waktu tinggal : 16 jam
- Volume ruang kosong : 20%

Kondisi Operasi:

- Suhu : 30
- Tekanan : 1 atm
- Massa : 261,71571 kg/jam = 576,987389 lb/jam
- Densitas : 1519,95034 kg/m³ = 94,8905 lb/ft³

Perhitungan:

- Menentukan volume bin

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Kapasitas}}{\rho} \\ &= \frac{576,987389 \text{ lb/jam}}{94,8905 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 6,08056011 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume bahan selama 1 jam

$$\begin{aligned} &= 1 \times 6,08056011 \\ &= 6,08056011 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Asumsi bahan mengisi bin sebanyak 80% volume total, sehingga:

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= V \text{ bahan} + V \text{ ruang kosong} \\ V \text{ total} &= 6,08056011 + 0,2 V \text{ total} \\ 0,8 V \text{ total} &= 6,08056011 \\ V \text{ total} &= 7,60070013 \text{ ft}^3 \\ &= 0,21522903 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari Ulrich Tabel 4-27, diperoleh volume maksimal tiap bin yaitu 4 m³. direncanakan jumlah bin 1 buah, maka bin yang direncanakan memenuhi

Asumsi :

$$\begin{aligned} L_s &= 1,5 \text{ di} \\ \alpha &= 60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= V \text{ tutup bawah} + V \text{ silinder} \\ &= \frac{\pi di^3}{24 \tan \frac{1}{2}\alpha} + \frac{\pi di^2 L_s}{4} \end{aligned}$$

$$\tan 30 = 0,57735027$$

$$7,60070013 \text{ ft}^3 = 0,22660998 \text{ di}^3 + 1,1775 \text{ di}^3$$

$$7,60070013 \text{ ft}^3 = 1,40410998 \text{ di}^3$$

$$di^3 = 5,41318005 \text{ ft}^3$$

$$di = 1,75583684 \text{ ft}$$

$$= 21,0702562 \text{ in}$$

- Menentukan tinggi bahan dalam silinder (H)

$$V \text{ bahan} = \frac{\pi di^2 H}{4}$$

$$6,08056011 \text{ ft}^3 = \frac{3,14}{4} \times 1,75584^2 \times H$$

$$6,08056011 \text{ ft}^3 = 2,42012597 H$$

$$H = 2,51249736 \text{ ft}$$

$$= 30,1502746 \text{ in}$$

$$= 0,76581851 \text{ m}$$

- Menentukan tekanan design

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia} = 0 \text{ psig}$$

$$P \text{ design} = P \text{ operasi} + \rho \times g \times H$$

$$= 1 + 11640,061 \text{ N/m}^2$$

$$= 1 + 0,11487847 \text{ atm}$$

$$= 1,11487847 \text{ atm}$$

$$= 1,68825401 \text{ psig}$$

- Menentukan tebal silinder (ts) :

$$ts = \frac{P \text{ design} \times di}{2((f \times E) - (0,6 \times P \text{ design}))} + C$$

$$= \frac{1,68825401 \times 21,0702562}{2(15000 - 1,0129524)} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,063685812 \text{ in} \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{1,01897}{16} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

- Standardisasi do

$$do = di + 2 ts$$

$$= 21,0703 + 2 \frac{3}{16}$$

$$= 21,4452562 \text{ in} = 1,78708652 \text{ ft}$$

dari Tabel 5.7 hal. 91 Brownell & Young diperoleh do = 12 in

$$di \text{ baru} = do - 2 ts$$

$$= 12 - 2 \frac{3}{16}$$

$$= 11,625 \text{ in} = 0,96874016 \text{ ft}$$

$$Ls = 1,5 \times di \text{ baru}$$

$$= 1,5 \times 11,625 \text{ in}$$

$$= 17,4375 \text{ in}$$

- Menentukan tebal tutup bawah

$$thb = \frac{Pi \times di}{2(f \times E - 0,6 \times Pi) \cos \frac{1}{2}\alpha} + C$$

$$\cos 30 = 0,86603$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1,68825401 \times 11,625}{2 (15000 - 1,01295) 0,86603} + \frac{1}{16} \\
&= 0,06325545 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\
&= \frac{1,01209}{16} = \frac{3}{16}
\end{aligned}$$

- Menentukan tinggi tutup bawah

$$\begin{aligned}
\text{hb} &= \frac{1}{2} d_i \\
&\quad \tan \frac{1}{2} \alpha \\
\tan 30 &= 0,57735 \\
\text{hb} &= \frac{1}{2} \times 11,625 \\
&\quad 0,577350269 \\
&= 8,05403626 \text{ in}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{tinggi tangki} &= \text{tinggi shell} + \text{tinggi tutup bawah} \\
&= 17,4375 + 8,05404 \\
&= 25,4915 \text{ in}
\end{aligned}$$

SPESIFIKASI ALAT :

- Nama : Bin penampung NaOH
- Type : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 60°
- Bahan : Carbon steel SA 240 grade M Type 316
- Pengelasan : Double welded butt joint
- Kapasitas : 7,60070013 ft³
- Dimensi vessel :

di :	11,625	in	hb	:	8,05404	in
do :	12	in	tinggi tangki :		25,4915	in
thb :	$\frac{3}{16}$	in	ts	:	$\frac{3}{16}$	in

6. Bin Penampung α -Amilase (F-115a)

Fungsi : Menampung α -Amilase sebelum masuk tangki pelarut

Type : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 60°

Dasar Perencanaan:

- Bahan konstruksi : Carbon steel SA 240 grade M Type 316
- f : 18750 psi
- E : 0,8
- C : $\frac{1}{16}$
- Waktu tinggal : 1 jam
- Volume ruang kosong : 20%

Kondisi Operasi:

- Suhu : 30

- Tekanan : 1 atm
- Massa : 9,22931595 kg/jam = 20,347265 lb/jam
- Densitas : 1246,95927 kg/m³ = 77,8477 lb/ft³

Perhitungan:

- Menentukan volume bin

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Kapasitas}}{\rho} \\ &= \frac{20,347265 \text{ lb/jam}}{77,847667 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 0,26137283 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume bahan selama 1 jam

$$\begin{aligned} &= 1 \times 0,26137283 \\ &= 0,26137283 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Asumsi bahan mengisi bin sebanyak 80% volume total, sehingga:

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_{\text{bahan}} + V_{\text{ruang kosong}} \\ V_{\text{total}} &= 0,26137283 + 0,2 V_{\text{total}} \\ 0,8 V_{\text{total}} &= 0,26137283 \\ V_{\text{total}} &= 0,32671604 \text{ ft}^3 \\ &= 0,00925162 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari Ulrich Tabel 4-27, diperoleh volume maksimal tiap bin yaitu 4 m³. direncanakan jumlah bin 1 buah, maka bin yang direncanakan memenuhi

Asumsi :

$$\begin{aligned} L_s &= 1,5 \text{ di} \\ \alpha &= 60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_{\text{tutup bawah}} + V_{\text{silinder}} \\ &= \frac{\pi d_i^3}{24 \tan \frac{1}{2}\alpha} + \frac{\pi d_i^2 L_s}{4} \\ \tan 30 &= 0,57735027 \\ 0,32671604 \text{ ft}^3 &= 0,22660998 d_i^3 + 1,1775 d_i^3 \\ 0,32671604 \text{ ft}^3 &= 1,40410998 d_i^3 \\ d_i^3 &= 0,2326855 \text{ ft}^3 \\ d_i &= 0,61506797 \text{ ft} \\ &= 7,38089059 \text{ in} \end{aligned}$$

- Menentukan tinggi bahan dalam silinder (H)

$$\begin{aligned} V_{\text{bahan}} &= \frac{\pi d_i^2 H}{4} \\ 0,26137283 \text{ ft}^3 &= \frac{3,14 \times 0,61507^2 \times H}{4} \\ 0,26137283 \text{ ft}^3 &= 0,29697225 H \\ H &= 0,88012542 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$= 10,5616124 \text{ in}$$

$$= 0,26826549 \text{ m}$$

- Menentukan tekanan design

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia} = 0 \text{ psig}$$

$$P \text{ design} = P \text{ operasi} + \rho \times g \times H$$

$$= 1 + 3345,1614 \text{ N/m}^2$$

$$= 1 + 0,03301418 \text{ atm}$$

$$= 1,03301418 \text{ atm}$$

$$= 0,48517633 \text{ psig}$$

- Menentukan tebal silinder (ts) :

$$ts = \frac{P \text{ design} \times di}{2((f \times E) - (0,6 \times P \text{ design}))} + C$$

$$= \frac{0,48517633 \times 7,38089059}{2(15000 - 0,2911058)} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,06261937 \text{ in} \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{1,00191}{16} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

- Standardisasi do

$$do = di + 2 \text{ ts}$$

$$= 7,38089 + 2 \frac{3}{16}$$

$$= 7,75589059 \text{ in} = 0,64631765 \text{ ft}$$

dari Tabel 5.7 hal. 91 Brownell & Young diperoleh do = 12 in

$$di \text{ baru} = do - 2 \text{ ts}$$

$$= 12 - 2 \frac{3}{16}$$

$$= 11,625 \text{ in} = 0,96874016 \text{ ft}$$

$$Ls = 1,5 \times di \text{ baru}$$

$$= 1,5 \times 11,625 \text{ in}$$

$$= 17,4375 \text{ in}$$

- Menentukan tebal tutup bawah

$$thb = \frac{Pi \times di}{2(f \times E - 0,6 \times Pi) \cos \frac{1}{2}\alpha} + C$$

$$\cos 30 = 0,86603$$

$$= \frac{0,48517633 \times 11,625}{2(15000 - 0,29111) \times 0,86603} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,06271709 \text{ in} \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{1,00347}{16} = \frac{3}{16}$$

$$\begin{aligned}
 & \qquad \qquad \qquad 16 \qquad \qquad 16 \\
 - \text{ Menentukan tinggi tutup bawah} \\
 \text{hb} &= \frac{1}{2} \text{ di} \\
 & \qquad \qquad \qquad \tan \frac{1}{2} \alpha \\
 \tan 30 &= 0,57735 \\
 \text{hb} &= \frac{1}{2} \times 11,625 \\
 & \qquad \qquad \qquad 0,577350269 \\
 &= 8,05403626 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{tinggi tangki} &= \text{tinggi shell} + \text{tinggi tutup bawah} \\
 &= 17,4375 + 8,05404 \\
 &= 25,4915 \text{ in}
 \end{aligned}$$

SPEKIFIKASI ALAT :

- Nama : Bin penampung α -Amilase
- Type : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 60°
- Bahan : Carbon steel SA 240 grade M Type 316
- Pengelasan : Double welded butt joint
- Kapasitas : 0,32671604 ft³
- Dimensi vessel :

di :	11,625	in	hb :	8,05404	in
do :	12	in	tinggi tangki :	25,4915	in
thb :	$\frac{3}{16}$	in	ts :	$\frac{3}{16}$	in

7. REAKTOR (R-110)

Pada BAB VI (Perancangan Alat) oleh Defrizal Rizki Pradana

8. Pompa Reaktor (L-121)

Fungsi : Mengalirkan larutan dari reaktor menuju Evaporator

Tipe : Pompa Sentrifugal

Bahan : Commercial Steel SA 167 Grade 3 Type 304

Dasar Perencanaan :

$$\text{Rate liquid} = 19956,3 \text{ kg/jam} = 43995,7 \text{ lb/jam}$$

$$\mu \text{ Campuran} = 0,0056 \text{ lb/ft.s}$$

$$\rho \text{ Campuran} = 42,92 \text{ lb/ft}^3$$

Komponen	Massa (kg/jam)	Massa (lb/jam)	ρ (lb/ft ³)	xi	$\rho \cdot xi$
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀	335,0706	738,6966	93,6450	0,0168	1,57232
H ₂ O	13742,0924	30295,8169	60,0452	0,6886	41,3477
100(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₁₀	5608,1938	12363,8240	40579,5	0,2810	11403,8
α -amilase	9,2293	20,3469	62,4300	0,0005	0,02887
NaOH	261,7157	576,9785	91,1478	0,0131	1,19535

TOTAL	19956,3018	43995,6629	40886,8	1,0000	42,92
-------	------------	------------	---------	--------	-------

$$\begin{aligned}\rho \text{ Campuran} &= \frac{\sum \rho \cdot x_i}{\sum x_i} \\ &= \frac{42,92}{1} = 42,92 \text{ lb/ft}^3\end{aligned}$$

Komponen	Massa (kg/jam)	Massa (lb/jam)	μ (lb/ft.s)	x_i	$\mu \cdot x_i$
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀	335,0706	738,6966	0,0739	0,0168	0,00124
H ₂ O	13742,0924	30295,8169	0,0002	0,6886	0,00014
100(C ₆ H ₁₂ O ₅)	5608,1938	12363,8240	0,0148	0,2810	0,00415
α -amilase	9,2293	20,3469	0,0739	0,0005	0,00003
NaOH	261,7157	576,9785	0,0023	0,0131	0,00003
TOTAL	19956,3018	43995,6629	0,7795	1,0000	0,00560

$$\begin{aligned}\mu \text{ Campuran} &= \frac{\sum \mu \cdot x_i}{\sum x_i} \\ &= \frac{0,00559729}{1} = 0,0056 \text{ lb/ft.s}\end{aligned}$$

A. Menghitung rate volumetrik

$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Rate liquid}}{\rho \text{ Campuran}} \\ &= \frac{43995,7 \text{ lb/jam}}{42,92 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 1025,06 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,2847 \text{ ft}^3/\text{dtk} = 127,801 \text{ gal/menit}\end{aligned}$$

B. Menghitung dimensi pipa

$$\begin{aligned}\text{ID Optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \text{ (Peter and Timmerhauss; pers. 15; 496)} \\ &= 3,9 \times (0,28474)^{0,45} \times (42,92)^{0,13} \\ &= 3,6125 \text{ in} \\ \text{Standarisasi ID} &= 3 \text{ in sch 40}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga : OD} &= 3,5000 \text{ in} = 0,2917 \text{ ft} \\ \text{ID} &= 3,0680 \text{ in} = 0,2557 \text{ ft} \\ \text{A} &= 0,0513 \text{ ft}^2 \text{ (Geankoplis; APP. A.5-1; 892)}\end{aligned}$$

C. Menentukan kecepatan aliran fluida (v)

$$v = Q$$

$$\begin{aligned} & \overline{A} \\ &= \frac{0,2847 \text{ ft}^3/\text{dtk}}{0,0513 \text{ ft}^2} \\ &= 5,5505 \text{ ft/dtk} \end{aligned}$$

D. Menentukan bilangan Reynold (N_{Re})

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,2557 \times 5,5505 \times 42,92}{0,0056} \\ &= 10881,4468 > 2100 \text{ (aliran turbulen)} \end{aligned}$$

Menggunakan bahan pipa yang terbuat dari Commercial Steel
Sehingga dari Geankoplis Grafik Fig. 2.10-3 hal 88 didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Equivalen rougness } (\varepsilon) &= 0,00005 \text{ m} \\ &= 0,00015 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\varepsilon}{D} &= \frac{0,00015}{0,25567} \\ &= 0,00059 \\ f &= 0,00490 \text{ (Geankoplis; Fig. 2.10-3; 88)} \\ \alpha &= 1 \end{aligned}$$

E. Menentukan panjang pipa

Asumsi : Panjang pipa lurus : 80 ft

Elbow 90° = 3 buah

Globe valve wide open = 1 buah

Elbow 90° :

$$\begin{aligned} \frac{L}{D} &= 35 \\ L &= 35 \times 0,2557 \times 3 \\ &= 26,8450 \text{ ft} \\ Kf &= 0,75 \text{ (Geankoplis; 2.10-2; 94)} \\ &= 3 \times 0,7500 \\ &= 2,2500 \end{aligned}$$

Globe valve wide open :

$$\begin{aligned} \frac{L}{D} &= 300 \\ L &= 300 \times 0,2557 \times 1 \\ &= 76,7000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_f &= 6 \quad (\text{Geankoplis; 2.10-2; 94}) \\ &= 1 \times 6 \\ &= 6 \end{aligned}$$

Maka TOTAL panjang pipa :

$$\begin{aligned} \Delta L &= 80 + 26,8 + 76,7 \\ &= 183,545 \text{ ft} = 2202,54 \text{ in} \end{aligned}$$

a. Friksi pada pipa lurus

$$\begin{aligned} F_f &= 4f \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2g_c} \\ &= 4 \times 0,005 \times \frac{80}{0,25567} \times \left(\frac{5,55048}{2 \times 32,174} \right)^2 \\ &= 2,93628316 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

b. Sudden Kontraksi

Dikarenakan tangki sangat besar maka $A_1 : 0$

$$\begin{aligned} h_c &= 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \times \frac{v_2^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\ &\quad (\text{Geankopli; Pers. 2.10-6; 93}) \\ &= 0,55 \times (1 - 0) \times \left(\frac{5,550479708}{2 \times 1 \times 32,174} \right)^2 \\ &= 0,26332 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

c. Sudden Ekspansi

$$\begin{aligned} h_c &= \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \times \frac{v_2^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\ &= (1 - 0) \times \left(\frac{5,550479708}{2 \times 1 \times 32,174} \right)^2 \\ &= 1 \times 0,47876896 \\ &= 0,47877 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

d. Elbow 90° 3 buah

$$K_f = 0,75$$

$$\begin{aligned} h_f &= 3 K_f \times \frac{v_2^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\ &= 3 \times 0,75 \times \left(\frac{5,550479708}{2 \times 1 \times 32,174} \right)^2 \\ &= 1,07723016 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total friksi } (\Sigma F) &= 2,93628 + 0,26332 + 0,47877 + 1,07723 \\ &= 3,67837505 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

G. Menentukan daya pompa

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z(g)}{gc} + \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} + \Sigma F + W_s \quad (\text{Geankoplis, Pers. 2.10-20 Hal 95})$$

Direncanakan : $\Delta Z = 20 \text{ ft}$
 $\Delta P = 0$
 $v_1 = 0 \text{ ft/dtk}$ (karena fluida diam dalam tangki penampungan)
 $v_2 = 5,55048 \text{ ft/dtk}$
 $\alpha = 1$ (aliran turbulen)

Sehingga,

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z(g)}{gc} + \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} + \Sigma F = - W_s$$

$$- W_s = \frac{0}{42,92} + 20 (1) + \left(\frac{5,550479708}{2 \times 1 \times 32,174} \right)^2 + 3,67838$$

$$= 24,157144 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Dengan capacity = 127,801 gal/menit

Dari Fig. 14.36, Hal. 520, Petters & Timmerhause, didapatkan:

$$\text{Efisiensi pompa } (\eta) = 40 \% = 0,4$$

$$- W_s = - \eta W_p$$

$$24,1571 = - 0,4 W_p$$

$$W_p = 60,4 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned} \text{Mass flowrate (m)} &= Q \times \rho \\ &= 0,28474 \times 42,92 \\ &= 12,2210175 \text{ lbm/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WHp} &= W_p \times m \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ ft.lbf/s}} \\ &= 60,3929 \times 12,221 \times \frac{1}{550} \\ &= 1,34193 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{\text{WHp}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{1,34193}{0,4} \\ &= 3,35 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dari Fig. 14.38, Hal. 521, Petters & Timmerhause, didapatkan:

$$\text{Efisiensi motor} = 84 \% = 0,84$$

$$\text{Daya} = \frac{\text{pump horsepower}}{\text{efisiensi motor}}$$

$$= \frac{3,35}{0,84}$$

$$= 3,99384 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp}$$

SPESIFIKASI ALAT :

- Fungsi = Untuk mengalirkan larutan menuju clarifier
- Tipe = Pompa Sentrifugal
- Bahan = Commercial Steel SA 167 Grade 3 Type 304
- Kapasitas = 127,801 gal/menit
- Efisiensi Pompa = 40 %
- Daya Pompa = 3 Hp
- Dimensi Pipa = NPS : 3
Sch : 40
OD : 3,5000 in
ID : 3,068 in
A : 0,0513 ft²

9. EVAPORATOR

Pada BAB VI (Perancangan Alat) oleh Veiganata Wisnu Pradana

10. Pompa Evaporator (L-131)

Fungsi : Mengalirkan larutan keluaran evaporator menuju spray drayer

Tipe : Pompa Sentrifugal

Bahan : Commercial Steel SA 167 Grade 3 Type 304

Dasar Perencanaan :

$$\begin{aligned} \text{Rate liquid} &= 11216,4 \text{ kg/jam} = 24727,6 \text{ lb/jam} \\ \mu \text{ Campuran} &= 0,0056 \text{ Pa.s} = 0,00376 \text{ lb/ft.s} \\ \rho \text{ Campuran} &= 42,92 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

A. Menghitung rate volumetrik

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Rate liquid}}{\rho \text{ Campuran}} \\ &= \frac{24727,6 \text{ lb/jam}}{42,92 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 576,134 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,16004 \text{ ft}^3/\text{dk} = 71,8303 \text{ gal/menit} \end{aligned}$$

B. Menghitung dimensi pipa

$$\begin{aligned} \text{ID Optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peter and Timmerhaus; pers. 15; 496}) \\ &= 3,9 \times (0,16004)^{0,45} \times (42,92)^{0,13} \\ &= 2,78746686 \text{ in} \\ \text{Standarisasi ID} &= 2 \quad 1 \text{ in sch 80} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : OD} &= \frac{2,875}{2} \text{ in} = 0,23958 \text{ ft} \\ \text{ID} &= 2,323 \text{ in} = 0,19358 \text{ ft} \\ \text{A} &= 0,02942 \text{ ft}^2 \text{ (Geankoplis; APP. A.5-1; 892)} \end{aligned}$$

C. Menentukan kecepatan aliran fluida (v)

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,16004 \text{ ft}^3/\text{dtk}}{0,02942 \text{ ft}^2} \\ &= 5,43974 \text{ ft/dtk} \end{aligned}$$

D. Menentukan bilangan Reynold (N_{Re})

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,19358 \times 5,43974 \times 42,92}{0,005597286} \\ &= 8074,73239 > 2100 \text{ (aliran turbulen)} \end{aligned}$$

Menggunakan bahan pipa yang terbuat dari Commercial Steel
Sehingga dari Geankoplis Grafik Fig. 2.10-3 hal 88 didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Equivalen rougness } (\mathcal{E}) &= 4,6\text{E-}05 \text{ m} \\ &= 0,00015 \text{ ft} \\ \frac{\mathcal{E}}{D} &= \frac{0,00015}{0,19358} \\ &= 0,00078 \\ f &= 0,00055 \text{ (Geankoplis; Fig. 2.10-3; 88)} \\ \alpha &= 1 \end{aligned}$$

E. Menentukan panjang pipa

Asumsi : Panjang pipa lurus : 80 ft
Elbow 90° = 2 buah
Globe valve wide open = 1 buah

$$\begin{aligned} \text{Elbow } 90^\circ : \\ \frac{L}{D} &= 35 \\ L &= 35 \times 0,19358 \times 2 \\ &= 13,5508 \text{ ft} \\ K_f &= 0,75 \text{ (Geankoplis; 2.10-2; 94)} \\ &= 2 \times 0,75 \\ &= 1,5 \end{aligned}$$

Globe valve wide open :

$$\frac{L}{D} = 300$$

$$L = 300 \times 0,19358 \times 1$$

$$= 58,1$$

$$K_f = 6 \quad (\text{Geankoplis; 2.10-2; 93})$$

$$= 1 \times 6$$

$$= 6$$

Maka TOTAL panjang pipa :

$$\Delta L = 80 + 13,6 + 58,1$$

$$= 151,626 \text{ ft} = 1819,51 \text{ in}$$

F. Menentukan Friction Loss

a. Friksi pada pipa lurus

$$F_f = 4f \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2g_c}$$

$$= 4 \times 0,001 \times \frac{80}{0,19358} \times \left(\frac{5,43974}{2 \times 32,174} \right)^2$$

$$= 0,41808633 \text{ ft.lbf/lbm}$$

b. Sudden Kontraksi

Dikarenakan tangki sangat besar maka $A_1 : 0$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \times \frac{v_2^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$

(Geankopli; Pers. 2.10-6; 93)

$$= 0,55 \times (1 - 0) \times \left(\frac{5,439740225}{2 \times 1 \times 32,174} \right)^2$$

$$= 0,25292046 \text{ ft.lbf/lbm}$$

c. Sudden Ekspansi

$$h_c = \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \times \frac{v_2^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$

$$= (1 - 0) \times \left(\frac{5,439740225}{2 \times 1 \times 32,174} \right)^2$$

$$= 1 \times 0,45985538$$

$$= 0,45985538 \text{ ft.lbf/lbm}$$

d. Elbow 90° 2 buah

$$K_f = 0,75$$

$$\begin{aligned}
 hf &= 2 K_f \times \frac{v_2^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\
 &= 2 \times 0,75 \times \left(\frac{5,439740225}{2 \times 1 \times 32,174} \right)^2 \\
 &= 0,68978306 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total friksi } (\Sigma F) &= 0,41809 + 0,25292 + 0,45986 + 0,68978 \\
 &= 1,13086217 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

G. Menentukan daya pompa

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z(g)}{g_c} + \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times g_c} + \Sigma F + W_s \quad (\text{Geankoplis, Pers. 2.10-20 Hal 95})$$

$$\text{Direncanakan : } \Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$v_1 = 0 \text{ ft/dtk (karena fluida diam dalam tangki penampungan)}$$

$$v_2 = 5,43974 \text{ ft/dtk}$$

$$\alpha = 1 \text{ (aliran turbulen)}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z(g)}{g_c} + \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times g_c} + \Sigma F &= - W_s \\
 - W_s &= \frac{0}{42,92} + 20 \left(\frac{1}{2 \times 1 \times 32,174} \right)^2 + 1,13086 \\
 &= 21,5907175 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Dengan capacity} = 71,8303 \text{ gal/menit}$$

Dari Fig. 14.36, Hal. 520, Petters & Timmerhause, didapatkan:

$$\text{Efisiensi pompa } (\eta) = 30 \% = 0,3$$

$$- W_s = - \eta W_p$$

$$21,5907 = - 0,3 W_p$$

$$W_p = 72 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mass flowrate (m)} &= Q \times \rho \\
 &= 0,16004 \times 42,92 \\
 &= 6,86879111 \text{ lbm/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{WHp} &= W_p \times m \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ ft.lbf/s}} \\
 &= 71,9691 \times 6,86879 \times \frac{1}{550} \\
 &= 0,8988 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

$$\text{BHP} = \text{WHp}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\eta \text{ pompa}}{0,3} \\ = & \frac{0,8988}{0,3} \\ = & 3 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dari Fig. 14.38, Hal. 521, *Petters & Timmerhause*, didapatkan:

$$\text{Efisiensi motor} = 83 \% = 0,83$$

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= \frac{\text{pump horsepower}}{\text{efisiensi motor}} \\ &= \frac{3}{0,83} \\ &= 3,60964 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

SPESIFIKASI ALAT :

- Fungsi = Untuk mengalirkan larutan menuju cooler
 - Tipe = Pompa Sentrifugal
 - Bahan = Commercial Steel SA 167 Grade 3 Type 304
 - Kapasitas = 71,8303 gal/menit
 - Efisiensi Pompa = 30 %
 - Daya Pompa = 2 Hp
 - Dimensi Pipa = NPS : $2 \frac{1}{2}$
- Sch : 80
OD : 2,8750 in
ID : 2,323 in
A : 0,02942 ft²

11. FILTER UDARA (H-123)

Kode Ala : H-123

Fungs : Menyaring udara yang ada di udara bebas sebelum dialirkan oleh blower

Tipe : *Dry filter*

Massa udara yang dibutuhkan = 5975,55 kg/jam = 13173,7 lb/jam

Suhu udara masuk = 30 °C

ρ udara (T : 30 °C) = 0,07 lb/ft³ (*Geankoplis, App.3-3*)

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Udara masuk yang dibutuhkan}}{\rho \text{ udara (T } 30^\circ\text{C)}} \\ &= \frac{13173,7 \text{ lb/jam}}{0,0729 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 180709 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Menurut *Perry 7th edition*, tabel 17-8, hal 17-48 :

Kadar debu dalam udara pada lingkungan industri yaitu $0,1-2 \text{ g}/1000 \text{ ft}^3$
 Ditetapkan kadar sebesar $1 / 1000 \text{ ft}^3$

$$\begin{aligned} \text{Kadar debu dalam udara } p &= \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ ft}^3} \times \text{rate volumetrik udara} \\ &= \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ ft}^3} \times 180709 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 180,7091 \text{ g/jam} = 3,0118 \text{ g/menit} \end{aligned}$$

Ukuran *dry filter* = $24 \times 24 \text{ in}$

Kapasitas 1 filter = $1000 \text{ ft}^3/\text{menit}$ (*Perry's 7th edition, tabel 17-9, hal 17-50*)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah filter yang dibutuhkan} &= \frac{\text{rate volumetrik udara}}{\text{Kapasitas 1 filter}} \\ &= \frac{180709 \text{ ft}^3/\text{jam}}{1000 \text{ ft}^3/\text{menit} \times 60 \text{ menit/jam}} \\ &= 3,01 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Spesifikasi Peralatan :

Nama : Filter Udara

Fungsi : Menyaring udara tersuspensi dalam udara proses sebelum dialirkan blower

Tipe : *Dry filter*

Bahan : *Carbon steel*

Kapasitas : $1000 \text{ ft}^3/\text{menit}$

Rate udara : $180709 \text{ ft}^3/\text{jam}$

Ukuran : $24 \times 24 \text{ in}$

Jumlah : 2 buah

12. BLOWER UDARA (G-124)

Kode Ala : G-124

Fungsi : Menghembuskan udara yang sudah difilter menuju *heater* udara

Tipe : *Centrifugal blower*

Massa udara yang dibu = $5975,55 \text{ kg/jam} = 13173,7 \text{ lb/jam}$

Suhu udara masuk = $30 \text{ }^\circ\text{C}$

ρ udara ($T : 30 \text{ }^\circ\text{C}$) = $0,07 \text{ lb/ft}^3$ (*Geankoplis, App.3-3*)

Perhitungan

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{Udara masuk yang dibutuhkan}}{\rho \text{ udara } (T 30^\circ\text{C})}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{13173,7 \text{ lb/jam}}{0,0729 \text{ lb/ft}^3} \\
 &= 180709 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 3011,82 \text{ ft}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

$H_p = 1,57 \times 0,001 \times Q \times P$ (Perry, 7th edition, pers. 10-88 hal 10-46)
dimana :

$P > 1,5 \text{ lb/in}^2$ (dipilih $P = 1 \text{ lb/in}^2$)

Maka :

$$\begin{aligned}
 H_p &= 1,57 \times 0,001 \times 3011,82 \times 1 \\
 &= 4,7286 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Efisiensi (η) = 85% (Peter & Timmerhause, fig. 14-38, hal 521)

Sehingga,

$$\text{Daya} = \frac{\text{Power blower}}{\text{Efisiensi } (\eta)} = \frac{4,7286}{85\%} = 5,56 \approx 4 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Peralatan

Nama : Blower Udara (L-137)
 Fungsi : Menghembuskan udara yang sudah difilter menuju *heater* udara
 Tipe : *Centrifugal blower*
 Bahan : *Carbon steel*
 Kapasitas : 5975,55 kg/jam
 Power : 4 Hp
 Jumlah : 1 buah

13 HEATER (E-125)

Fungs : Memanaskan udara dari suhu 30 C menjadi suhu 110 C

Type : Double pipe Heat Exchanger

Bahan konstruks : SS SA 240 Grade M Type 316

Direncanakan

- Fouling faktor (Rd) = 0,001 jam.ft².F^o/Btu
- ΔP maksimum aliran = 10,00 psi
- ΔP maksimum steam = 2,50 psi

Kondisi operasi

Kondisi operasi :

- Massa bahan masuk = ##### kg/jam = 316226 lb/jam
- Suhu bahan masuk (t1) = 30 °C = 86 °F
- Suhu bahan keluar (t2) = 110 °C = 230 °F
- Kebutuhan steam (m) = 23267,0196 kg/jam
= 51303,7782 lb/jam

- Panas yang dibawa oleh st = 2931377,6002 kJ/jam
= 739000 btu/jam
- Steam masuk pada suhu ($T_1 = 120\text{ }^\circ\text{C} = 248\text{ }^\circ\text{F} = 393\text{ K}$)
- Suhu steam kondensat ($T_2 = 120\text{ }^\circ\text{C} = 248\text{ }^\circ\text{F} = 393\text{ K}$)

PERHITUNGAN

- Menghitung ΔT_{LMTD}

$$\Delta t_1 = T_1 - t_2 = 248\text{ }^\circ\text{F} - 230\text{ }^\circ\text{F} = 18\text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_2 = T_2 - t_1 = 248\text{ }^\circ\text{F} - 86\text{ }^\circ\text{F} = 162\text{ }^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned}\Delta t_{LMTD} &= \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \Delta t_1 / \Delta t_2} \\ &= \frac{18 - 162}{\ln (18 / 162)} \\ &= 65,5\text{ }^\circ\text{F}\end{aligned}$$

- Menghitung suhu kalorik (T_c dan t_c)

$$T_c = (T_1 + T_2) / 2 = 248\text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_c = (t_1 + t_2) / 2 = 158\text{ }^\circ\text{F}$$

- Trial Ukuran DPHE

dicoba ukuran DPHE : 3 x 2" sch 40 dengan aliran steam di bagian pipa Bagian anulus (Kern, tabel 11 Hal 844)

$$a_t = 3,14\text{ in}^2 = 0,03\text{ ft}^2$$

$$OD = 1,14\text{ in} = 0,09\text{ ft}$$

$$de' = 0,53\text{ in} = 0,04\text{ ft}$$

Bagian Pipa (Kern tabel 11 hal 844)

$$a_p = 7,38\text{ in}^2 = 0,06\text{ ft}^2$$

$$di = 3,07\text{ in} = 0,26\text{ ft}$$

$$do = 3,5\text{ in} = 0,29\text{ ft}$$

$$a'' = 0,92\text{ ft}^2/\text{ft}$$

Tabel 6.2 (Kern, 1950) diketahui bahwa *flow area* di *inner pipe* lebih besar daripada di *annulus*, maka dalam hal ini fluida proses yang massanya lebih besar ditempatkan di dalam *inner pipe* sedangkan *steam* dalam *annulus* karena mempunyai laju alir massa yang lebih kecil.

- Evaluasi Perpindahan Panas

<i>Annulus : Hot fluid (Steam)</i>	<i>Inner pipe : Cold fluid (water process)</i>
*) <i>Mass Velocity (Ga)</i>	*) <i>Mass Velocity (Gp)</i>
$G_a = \frac{m}{a} = \frac{51303,7782}{0,03}$	$G_p = \frac{M}{a''} = \frac{316226,062}{0,92}$

$Ga = a_a = 0,0262$ $= 1961438,52 \text{ lb/jam.ft}^2$	$Gp = a_p = 0,0615$ $= 5143945 \text{ lb/jam.ft}^2$
<p>*) <i>Reynolds Number</i> (Rea)</p> <p>Pada Tc = 248 °F</p> $\mu = 0,298 \text{ cp}$ $= 0,7212 \text{ lb/ft.jam}$ $R_{ea} = \frac{De \times Ga}{\mu}$ $= \frac{0,09 \times 1961439}{0,7212}$ $= 258281,2757$	<p>*) <i>Reynolds Number</i> (Rep)</p> <p>Pada tc = 158 °F</p> $\mu = 0,0203 \text{ cp}$ $= 0,0491 \text{ lb/ft.jam}$ $R_{ep} = \frac{D \times Gp}{\mu}$ $= \frac{0,26 \times 5143945}{0,0491}$ $= 26777391,6$
f. Menentukan Koefisien Film Perpindahan Panas (ho)	f. Menentukan Koefisien Film Panas (hio)
*) ho = 1500 Btu/jam ft ² °F (Kern, 1950, Hal. 164)	*) hio = 1500 Btu/jam ft ² °F

- **Clean Overall Coefficient (Uc)**

Pers. 6.7 Kern, 1950

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{1500 \times 1500}{1500 + 1500} = 750 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

- **Design Overall Coefficient (Ud)**

Dari tabel 12.2 Coulson, 2003 hal. 640 diperoleh :

$$R_d \text{ min organic} = 0,00113558 \text{ jam.ft}^2.\text{°F/Btu}$$

$$R_d \text{ min kond ste} = 0,00113558 \text{ jam.ft}^2.\text{°F/Btu}$$

$$R_d \text{ min total} = 0,00227116 \text{ jam.ft}^2.\text{°F/Btu}$$

Pers. 6.10 (Kern, 1950)

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + R_d = \frac{1}{750,00} + 0,0023 = 0,0036$$

$$U_d = 277,432 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

- **Luas Permukaan yang Diperlukan**

Pers. 6.11 (Kern, 1950)

$$A = \frac{Q}{U_d \times \Delta t} = \frac{739000,293}{277 \times 65,5} = 40,6 \text{ ft}^2$$

Dari tabel 11 (Kern, 1950), untuk 3 in IPS pipa standar diperoleh:

Sehingga panjang yang dibutuhkan :

$$L = \frac{40,6444}{0,9170} = 44,3232 \text{ ft}$$

Jika panjang pipi 12 ft, maka:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah hairp} &= L/(2 \cdot L_{\text{pipi}}) \\ &= 1,85 \approx 2 \end{aligned}$$

Maka dikoneksil 2 hairpi 12 ft dengan susunan seri

Luas Permukaan yang Disediakan Sesungguhnya

$$A = 48 \times 0,92 = 44 \text{ ft}^2$$

- Desain koefisien *overall* nyata adalah :

$$U_d = \frac{Q}{A \times \Delta t} = \frac{739000}{44 \times 65,5} = 256 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Faktor pengotor akan lebih besar dibandingkan yang diperlukan, sehingga :
Pers. 6.13 Kern, 1950

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} = \frac{277 - 256}{277 \times 256} = 0,000 \text{ jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/Btu}$$

- **Menghitung Preassure Drop**

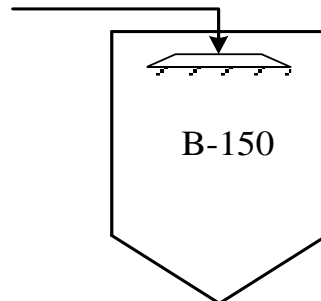
<i>Annulus : Hot fluid (Steam)</i>	<i>Inner pipe : Cold fluid (Water process)</i>
<p>a. Menentukan Re dan friksi pada pipa</p> $D_e' = D_2 - D_1 \text{ (Pers. 6.4 Kern, 1950)}$ $= 0,26 - 0,04$ $= 0,21 \text{ ft}$ $R_{ea}' = \frac{D_e' \times G_a}{m}$ $= \frac{0,21 \times 1961439}{0,7212}$ $= 575468,807$ <p>Pers. 3.47b Kern, 1950:</p> $f = 0,0035 + \frac{0,264}{(DG/m)^{0,42}}$ $= 0,0035 + \frac{0,264}{[575469]^{0,42}}$ $= 0,00451$ $\rho = 58,9600 \text{ lb/ft}^3$	<p>a. Menentukan friksi pada pipa</p> <p>Untuk $R_{ep} = 2,7E+07$</p> <p>Pers. 3.47b Kern, 1950 :</p> $f = 0,0035 + \frac{0,264}{(DG/m)^{0,42}}$ $= 0,0035 + \frac{0,264}{[2,7E+07]^{0,42}}$ $= 0,00370042$ <p>$s = 1 \text{ lb/ft}^3$</p> <p>$\rho = 59$</p>

$s = 1$ b. Menentukan ΔP karena panjang pipa b. Menghitung ΔP pipa Pers. 6.14 Kern, 1950 : $\Delta F_a = \frac{4 f G_a^2 L}{2 g \rho^2 D_e'}$ $= \frac{4 \cdot 0,004 \cdot 5143945^2 \cdot 48}{2 \cdot 4 \cdot 10^8 \cdot 59^2 \cdot 0,21}$ $= 5,8928 \text{ ft}$ $v = \frac{G}{3600 r}$ $= \frac{1961438,52}{3600 \cdot 58,9600}$ $= 9,2409 \text{ fps}$ $\Delta F_l = n \left(\frac{v^2}{2 g'} \right)$ $= 1 \cdot \frac{9,2409^2}{2 \cdot 32,2}$ $= 1,326 \text{ ft}$ $\Delta P_a = \frac{(\Delta F_a + \Delta F_l) \cdot \rho}{144}$ $= \frac{(5,8928 + 1,326) \cdot 59}{144}$ $= 2,58928 \text{ psi}$ <p><i>Allowable $\Delta P = 10 \text{ psi}$</i></p>	$\Delta F_f = \frac{4 f G_p^2 L}{2 g \rho^2 D}$ $= \frac{4 \cdot 0,004 \cdot 5143945^2 \cdot 48}{2 \cdot 4 \cdot 10^8 \cdot 59^2 \cdot 0,26}$ $= 25,2953$ <p><i>Allowable $\Delta P_t = 10 \text{ psi}$</i></p>
---	--

SPESIFIKASI ALAT	
Nama Alat	: Heater
Fungsi	: Memanaskan udara dari suhu 30 °C menjadi suhu 120 °C
Tipe	: Double pipe Heat Exchanger
Bahan konstruksi	: SS SA 240 Grade M Type 316
Kapasitas	: 143413,18 kg/jam
Rate pendingin	: 23267,02 kg/jam
Jumlah hair pin	: 2 buah
Diameter luar pipa	: 1,14 in
Diameter dalam pip	: 0,53 in
Panjang	: 48 ft
Jumlah	: 1 buah

13. SPRAY DRYER (B-130)

- Fungsi : Meringkakan slurry sehingga diperoleh serbuk/powder
 Type : Bejana silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk konis dan bagian atas dilengkapi dengan spray nozzle atomizer



- Dasar perhitungan

Rate bahan masuk	=	11216,3876 kg/jam	=	24727,648 lb/jam
Rate udara masuk	=	82753,4233 kg/jam	=	182438,197 lb/jam
T udara masuk	=	110 °C	=	230 °F
T udara keluar	=	98 °C	=	208,4 °F
T bahan masuk	=	95 °C	=	203 °F
T bahan keluar	=	108 °C	=	226,4 °F

- Perhitungan

Feed masuk dengan moisture conten 30 % dan dikeringkan menjadi 2 %

$$\begin{aligned} \text{Total kelembaban (X}_1\text{)} &= \frac{\text{Berat H}_2\text{O}}{\text{Berat solid kering}} \\ &= \frac{30}{100 - 30} \\ &= 0,42857 \text{ lb H}_2\text{O/lb solid} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air dalam feed} &= 0,42857 \times 24727,648 \text{ lb/jam} \\ &= 10597,5634 \text{ lb/jam} \\ &= 4807,02324 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju total solid dalam feed (Ls)} &= 24727,648 \text{ lb/jam} - 10597,5634 \text{ lb/jam} \\ &= 14130,0846 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kelembaban (X}_2\text{)} &= \frac{\text{Berat H}_2\text{O}}{\text{Berat solid kering}} \\ &= \frac{2}{100 - 2} \end{aligned}$$

$$= 0,02040816 \text{ lb H}_2\text{O/lb solid}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju pertumbuhan air} &= L_s \times (X_1 - X_2) \\ &= 14130,0846 \times (0,4286 - 0,0204) \\ &= 5767,38146 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

- Menentukan ukuran spray chamber

Dari Perry ed 5, gig 20-72, hal 20-63 didapatkan :

Ukuran spray chamber :

$$\text{Tinggi shell (hs)} = 0,4 \times \text{diameter shell (D)}$$

$$\text{Sudut puncak konis} = 60^\circ$$

$$\text{Volume chamber (V)} = \text{volume shell} + \text{volume konis}$$

$$= \frac{\pi}{24} D^2 h_s + \frac{\pi D^3}{24 \text{tg}60^\circ}$$

- Menentukan waktu penguapan

Dimana t = waktu penguapan (detik)

λ = panas laten penguapan (Btu/lb)

D_p = diameter rata-rata partikel (ft)

K_f = konduktivitas thermal film gas

ρ = densitas partikel kering (lb/ft²)

Batasan waktu penguapan < 30 detik (*Ulrich, Tabel 4-10, hal 132*)

Dari neraca panas :

$$t_s = \frac{203 + 226}{2} = 214,7 \text{ }^\circ\text{F}$$

Panas laten penguapan (λ) pada 215 °F adalah 967,484 (Kern, hal 817)

$$t_a = \frac{230 + 208,4}{2} = 219,2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Konduktivitas thermal film gas (k_f) pada 219,2 °F = 0,01675 Btu/hr.ft.°F
(Kern, hal 817)

Densitas solid kering (ρ) = 42,92 lb/ft²

Kandungan air (ω) = 0,42857 lb H₂O/lb solid kering

Diameter rata-rata (D_p) 40 mesh = 0,0012135 ft

Maka:

$$t = \frac{967,484}{0,01675} \times 0,42857 \times \frac{42,92}{0,0012135} \times 0,00121$$

$$t = \frac{12 \times (0,01675) \times (219,43 - 214,7)}{0,0000532} \text{ jam} = 0,19154 \text{ detik}$$

- Menentukan volume chamber

Dari Perry ed.3th hal 846, didapatkan :

$$V = Q \times t$$

Dimana V = Volume chamber (ft³)

Q = rate rata-rata volumetric feed (ft³/detik)

t = waktu kontak (detik)

$$\text{Rate udara panas (G)} = 143413 \text{ kg/jam} = 316168,6970 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Spesifik volume udara panas} = 0,7745 \text{ m}^3/\text{kg} = 12,4064 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

(Perry ed.6th table 3-212 hal 3-162)

$$\begin{aligned} \text{Volume rate udara (Q)} &= 12,4064 \text{ ft}^3/\text{lb} \times 316168,697 \text{ lb/jam} \\ &= 3922515,32 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume chamber (V)} &= Q \times t \\ &= 3922515,32 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 0,000053 \text{ jam} \\ &= 208,698517 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

- Menentukan tinggi shell (hs)

$$\begin{aligned} \text{Volume chamber (V)} &= \frac{\pi}{24} D^2 h_s + \frac{\pi D^3}{24 \text{tg} 60^\circ} \\ &= \frac{\pi}{24} D^2 (0,4D) + \frac{\pi D^3}{24 \text{tg} 60^\circ} \end{aligned}$$

$$208,698517 \text{ ft}^3 = 0,314 D^3 + 0,0755 D^3$$

$$208,698517 \text{ ft}^3 = 0,3895 D^3$$

$$D = 8,12214 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} h_s &= 0,4 D \\ &= 0,4 \times 8,12214 \text{ ft} \\ &= 3,24886 \text{ ft} \end{aligned}$$

- Menentukan tinggi conis (hc) untuk sudut 60° dan $D = 8 \text{ ft}$

$$h_c = \frac{\frac{1}{2} D}{\text{tg}(60/2)} = \frac{\frac{1}{2} \times 8,5958}{\text{tg} 30} = 7 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi total} = h_s + h_c$$

$$= 3 \quad \text{ft} + 7 \quad \text{ft}$$

$$= 10 \quad \text{ft}$$

- Menentukan disk atomizer

Type : Centrifugal disk atomizer

Nozzle inlet feed

$$\text{Feed masuk} = 11216,3876 \text{ kg/jam} = 24727,648 \text{ lb/jam} = 7 \text{ lb/dtk}$$

$$\rho_{\text{campuran}} = 40886,768 \text{ lb/ft}^3$$

$$g_{\text{fm}} = \frac{6,86879}{40886,8}$$

$$= 0,000168 \text{ ft}^3/\text{dtk}$$

$$D_{\text{opt}} = 4 \times (g_{\text{fm}})^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 4 \times 0,000168^{0,45} \times 40886,8^{0,13}$$

$$= 2,48339 \text{ in} = 2 \text{ in}$$

Nozzle inlet udara panas

$$\text{Udara masuk} = 143413,18 \text{ kg/jam} = 182438 \text{ lb/jam} = 50,7 \text{ lb/dtk}$$

$$\rho_{\text{campuran}} = 58,9600 \text{ lb/ft}^3$$

$$g_{\text{fm}} = \frac{50,6773}{58,9600}$$

$$= 0,85952 \text{ ft}^3/\text{dtk}$$

$$D_{\text{opt}} = 4 \times (g_{\text{fm}})^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 4 \times (0,048)^{0,45} \times (250,2244)^{0,13}$$

$$= 3,09473 \text{ in} = 3 \text{ in}$$

Perhitungan diameter nozzle

$$\text{Luas (A) pipa feed} = \frac{1}{4} \pi \cdot d_o^2 = \frac{1}{4} \pi (2)^2 = 3,14 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas (A) pipa udara} = \frac{1}{4} \pi \cdot d_o^2 = \frac{1}{4} \pi (3)^2 = 7,0686 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas (A) nozzle udara + feed} = 3,14 + 7,0686 = 10,2086 \text{ in}^2$$

Menghitung diameter disk atomizer

$$\text{Lubang diameter} = 40 \text{ mesh} = 0,00012135 \text{ ft}$$

$$\pi r^2 = A^2 = 3,14^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lubang atomizer} &= \frac{u \cdot t}{\pi \cdot r^2} = \frac{u}{d^2} = \frac{3,14}{1,2135 \cdot 10^{-3}} \\ &= 6695449,439 \text{ lubang} = 6695450 \text{ lubang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar lubang (X)} &= 0,5 \times \text{Dlubang} = 0,5 \times 0,00012 \text{ ft} \\ &= 0,000060675 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dibuat silinder dengan tinggi 1,08 ft = 12,996 in yang dapat menampung 250 atomizer

$$\text{Jumlah lubang} = \frac{6695450}{250} = 26781,8 = 26782 \text{ lubang}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling atomizer} &= (26782 \times 1,2135 \cdot 10^{-4}) + (26782 \times 6,0675 \cdot 10^{-5}) \\ &= 4,87499 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter disk atomizer} = \frac{4,875}{3,14} = 1,55255 \text{ ft}$$

Dari Perry ed.7th, persamaan 12-65 hal 12-89

$$D_{vs} = 0,4 \left(\frac{v}{\rho_1 \times N \times r^2} \right)^{0,6} \left(\frac{\mu}{\Gamma} \right)^{0,2} \left(\frac{\alpha \times \rho_1 \times L_w}{\Gamma^2} \right)^{0,1}$$

Diketahui:

$$F = 24727,648 \text{ lb/jam} = 412,127467 \text{ lb/mnt}$$

$$L_w = \text{wetted disk periphery}$$

$$= 2 \times \pi \times r = 2 \times \pi \times (6,9002/2) = 21,6666 \text{ ft}$$

$$\Gamma = \frac{F_1}{L_w} = \frac{349,8541}{21,667} = 19,0213 \text{ lb/mnt}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{L_{vb} \times \rho_1}{364} \text{ dimana } L_{vb} \text{ adalah panas laten} = 390,2 \text{ Btu/lb} \\ &= 216,778 \text{ kal/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{216,778 \times 1,29617}{364} = 0,45946439 \text{ g/cm}^3 \\ &= 1,96581838 \text{ lb/mnt} \end{aligned}$$

Maka :

$$1,2135 \cdot 10^{-4} = 0,4 \left(\frac{216,778}{250,224 \times N \times 5,825^2} \right)^{0,6} \left(\frac{0,010523}{4,5585} \right)^{0,2} \left(\frac{216,778 \times 67,9301 \times 21,6776}{4,5585^2} \right)^{0,1}$$

$$N = 4239,11585 \text{ rpm} = 4239 \text{ rpm}$$

Dari Perry ed.3 hal 864, maka power motor penggerak centrifugal disk adalah

$$P = 1,04 \cdot 10^{-9} \times (r \cdot N)^2 \times w$$

$$P = 1,04 \cdot 10^{-9} \times (5,825 \times 4239)^2 \times 98,8166$$

$$= 75,936579 \text{ Hp} = 65 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Spray Dryer

D	=	8,1221	ft
Tinggi total	=	10,2828	ft
t (waktu)	=	0,19154	detik
Daya	=	65	Hp
Volume chamber (V)	=	208,698517	ft ³
n	=	1	buah

14. CYCLONE

Kode Ala : R-122

Fungsi : Memisahkan partikel Dekstrine yang terikut udara dari Spray Dryer

Tipe : *Thermal direct fire heater*

Bahan : *Carboon Steel*

• Dasar perhitungan:

- Rate udara = 5.014,298 kg/jam = 11054,522 lb/jam
- ρ udara = 58,9600 lb/ft³ (*Geankoplis, 4th App. A-3-3, p. 971*)
- pada suhu = 98 °C

Perhitungan:

$$\text{Rate volumetrik udara} = \frac{\text{rate udara}}{\rho \text{ udara}} = \frac{11054,5225 \text{ lb/jam}}{58,96 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 187,4919 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,0521 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kecepatan udara cyclone} = 50 - 90 \text{ ft/detik} \quad (\text{Perry's 7}^{\text{th}} \text{ ed, hal 17-30})$$

$$\text{Luas aliran (Ac)} = \frac{\text{rate volumetrik udara}}{\text{kecepatan udara}}$$

$$= \frac{0,0521 \text{ ft}^3/\text{detik}}{50 \text{ ft/detik}} = 0,0010 \text{ ft}^2$$

Dari Perry's 7th ed hal. 17-27 didapatkan:

$$B_c = J_c = \frac{D_c}{4}$$

$$H_c = D_e = \frac{D_c}{2}$$

$$A_c = B_c \times H_c$$

$$s_c = \frac{D_c}{\dots}$$

$$Z_c = \frac{L_c}{8} = 2 D_c$$

Dimana :

- A_c = Luas aliran pada cyclone (ft²)
- B_c = Lebar inlet dust (ft)
- H_c = Tinggi inlet dust (ft)
- J_c = arbitrary (ft)
- D_c = diameter keluaran pada cyclone (ft)
- L_c = panjang penampungan cyclone pada arah aliran gas (ft)
- Z_c = panjang penampungan cyclone pada arah aliran debu (ft)

Maka :

$$\begin{aligned} A_c &= B_c \times H_c \\ 0,0010 &= B_c \times D_c/2 \\ 0,0010 &= B_c \times D_c/2 \\ 0,0010 &= 2 B_c^2 \\ B_c &= 0,0228 \text{ ft} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} D_c &= 4 B_c = 0,0913 \text{ ft} \\ J_c &= B_c = 0,0228 \text{ ft} \\ H_c &= D_c = D_c / 2 = 0,0456 \text{ ft} \\ Z_c &= L_c = 2 D_c = 0,1826 \text{ ft} \\ S_c &= D_c/8 = 0,01141 \text{ ft} \end{aligned}$$

Diameter pada cyclone

$$D_{pc} = \sqrt{\frac{9 \times \mu \times B_c}{2 \times \pi \times N_e \times V_c \times (\rho_s - \rho)}}$$

Dimana :

- B_c = Lebar inlet (ft)
- μ = Viskositas gas (1,2513E-05 lb/ft.s) (*Geankoplis, App A.3-3*)
- N_e = 4
- V_c = Kecepatan gas masuk cyclone (50 ft/s)
- ρ_s = Densitas bahan (40580 lb/ft³)
- ρ = densitas gas (0,06628 lb/ft³) (*Geankoplis, App A.3-3*)

Maka :

$$\begin{aligned} D_{p \text{ min}} &= \sqrt{\frac{9 \times 0,0527 \times 0,0768}{2 \times 3,14 \times 3,5 \times 50 \times (83,3939 - 0,06628)}} \\ &= 0,0000002 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Diketahui diameter partikel} = 3,85 \text{ mesh} = 729 \text{ mm} = 2,3914 \text{ ft}$$

Dp min lebih kecil daripada diameter partikel, maka ukuran cyclone memenuhi.

$$0,0000002 \text{ ft} < 2,3914 \text{ ft}$$

Menghitung pressure drop pada cyclone

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= 0,0130 \times \rho \times V_c^2 \\ &= 4,3857 \text{ psi} \end{aligned}$$

Spesifikasi alat :

Nama Alat	: Cyclone
Fungsi	: Memisahkan debu atau partikel Barium Karbonat yang terikut udara dari Rotary Dryer
Tipe	: <i>Thermal direct fire heater</i>
Dimensi	: Dc = 0,0913 ft Sc = 0,0114 ft De = 0,0456 ft Zc = 0,1826 ft Hc = 0,0456 ft Jc = 0,0228 ft Lc = 0,1826 ft Bc = 0,0228 ft
Bahan konstruksi	: <i>Carboon Steel</i>
Jumlah	: 1 buah

15. Bin Produk (F-127)

Fungsi : Menampung Dekstrin sebelum masuk mesin pengemas

Type : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 60°

Dasar Perencanaan:

- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-240 Grade M Type 316
- f : 18750 psi
- E : 0,8
- C : $\frac{1}{8}$
- Waktu tinggal : 1 jam
- Volume ruang kosong : 20%

Kondisi Operasi:

- Suhu : 30
- Tekanan : 1
- Massa : 6313,1313 kg/jam = 13918,1448 lb/jam
- Densitas : 1089,00249 kg/m³ = 67,984049 lb/ft³

Perhitungan:

- Menentukan volume bin

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Kapasitas}}{\rho} \\ &= \frac{13918,1448 \text{ lb/jam}}{67,984049 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 204,726623 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume bahan selama 1 jam

$$= 1 \times 204,726623$$

$$= 204,726623 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Asumsi bahan mengisi bin sebanyak 80% volume total, sehingga:

$$V \text{ total} = V \text{ bahan} + V \text{ ruang kosong}$$

$$V \text{ total} = 204,726623 + 0,2 V \text{ total}$$

$$0,8 V \text{ total} = 204,726623$$

$$V \text{ total} = 255,908279 \text{ ft}^3$$

$$= 7,24655475 \text{ m}^3$$

Asumsi :

$$L_s = 1,5 \text{ di}$$

$$\alpha = 60$$

$$V \text{ total} = V \text{ tutup bawah} + V \text{ silinder}$$

$$= \frac{\pi di^3}{24 \tan \frac{1}{2}\alpha} + \frac{\pi di^2 L_s}{4}$$

$$\tan 30 = 0,57735027$$

$$255,908279 \text{ ft}^3 = 0,22660998 di^3 + 1,1775 di^3$$

$$255,908279 \text{ ft}^3 = 1,40410998 di^3$$

$$di^3 = 182,256577 \text{ ft}^3$$

$$di = 5,66971293 \text{ ft}$$

$$= 68,0372464 \text{ in}$$

Menentukan tinggi bahan dalam silinder (H)

$$V \text{ bahan} = \frac{\pi di^2 H}{4}$$

$$204,726623 \text{ ft}^3 = \frac{3,14}{4} \times 5,66971^2 \times H$$

$$204,726623 \text{ ft}^3 = 25,2343311 H$$

$$H = 8,11301963 \text{ ft}$$

$$= 97,3572247 \text{ in}$$

$$= 2,47287845 \text{ m}$$

Menentukan tekanan design

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psia} = 0 \text{ psig}$$

$$P \text{ design} = P \text{ operasi} + \rho \times g \times H$$

$$= 1 + 26929,7079 \text{ N/m}^2$$

$$= 1 + 0,26577555 \text{ atm}$$

$$= 1,26577555 \text{ atm}$$

$$= 3,90690063 \text{ psig}$$

- Menentukan tebal silinder (ts) :

$$ts = \frac{P \text{ design} \times di}{2((f \times E) - (0,6 \times P \text{ design}))} + C$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3,90690063 \times 68,0372464}{2 (15000 - 2,34414038)} + \frac{1}{16} \\
 &= 0,071361877 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\
 - &= \frac{1,14179}{16} = \frac{3}{16}
 \end{aligned}$$

Standardisasi do

$$\begin{aligned}
 do &= di + 2 \text{ ts} \\
 &= 68,0372 + 2 \frac{3}{16} \\
 &= 68,4122464 \text{ in} = 5,70096261 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

dari Tabel 5.7 hal. 91 Brownell & Young diperoleh do = 60 in

$$\begin{aligned}
 di \text{ baru} &= do - 2 \text{ ts} \\
 - &= 60 - 2 \frac{3}{16} \\
 &= 59,625 \text{ in} = 4,96869952 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ls &= 1,5 \times di \text{ baru} \\
 &= 1,5 \times 59,625 \text{ in} \\
 &= 89,4375 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menentukan tebal tutup bawah

$$\begin{aligned}
 thb &= \frac{Pi \times di}{2 (f \times E - 0,6 \times Pi) \cos \frac{1}{2}\alpha} + C \\
 \cos 30 &= 0,86603 \\
 &= \frac{3,90690063 \times 59,625}{2 (15000 - 2,34414)} + \frac{1}{16} \\
 - &= 0,07146761 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{1,14348}{16} = \frac{3}{16}
 \end{aligned}$$

Menentukan tinggi tutup bawah

$$\begin{aligned}
 hb &= \frac{1}{2} di \\
 &\quad \tan \frac{1}{2} \alpha \\
 \tan 30 &= 0,57735 \\
 hb &= \frac{1}{2} \times 59,625 \\
 &\quad 0,577350269 \\
 &= 41,3094118 \text{ in}
 \end{aligned}$$

tinggi tangki = tinggi shell + tinggi tutup bawah

$$\begin{aligned}
 &= 89,4375 + 41,3094 \\
 &= 130,747 \text{ in}
 \end{aligned}$$

SPESIFIKASI ALAT :

- Nama : Bin penampung produk (NaOH)
- Type : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 60°
- Bahan : Carbon Steel SA-240 Grade M Type 316
- Pengelasan : Double welded butt joint
- Kapasitas : 255,908279 ft³
- Dimensi vessel : di : 59,625 in hb : 41,3094 in
do : 60 in tinggi tangki : 130,747 in
thb : $\frac{3}{16}$ in ts : $\frac{3}{16}$ in

16. Mesin Pengemas (P-128)

Fungsi : Mengemas produk dari bin produk ke kemasan 25 Kg

Asumsi : Waktu tinggal dalam mesin 2 jam

Perhitungan

Rate bahan : 6313,1313 kg/jam = 13918,1448 lb/jam

Kapasitas Mesin: 13918,1448 lb/jam × 2

: 27836,2896 lbm

Densitas bahan : 67,984049 lbm/ft³

$$\begin{aligned} \text{Volume mesin} &= \frac{\text{kapasitas mesin}}{\text{densitas}} \\ &= \frac{27836,2896 \text{ lbm}}{67,984049 \text{ lbm/ft}^3} \\ &= 409,453247 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

SPESIFIKASI ALAT :

- Nama alat : Mesin Pengemas
- Kapasitas bahan : 13918,1448 lbm/jam
- Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-240 Grade M Type 316
- Kapasitas mesin : 27836,2896 lbm
- Jumlah : 1

17. Gudang Produk (F-140)

Fungsi : Untuk tempat penyimpanan produk

Type : Gudang

Dasar Perencanaan

waktu tinggal = 7 hari

massa = 6313,1313 kg/jam = 13918,1448 lb/jam

Komponen	Berat (kg/j)	Fraksi Berat	ρ Bahan (kg/m ³)
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀	307,6936781	0,04895069	1654
H ₂ O	99,54334579	0,01583626	997

Dekstrin	5607,632958	0,89211298	650
Enzim	9,228393018	0,00146814	1247
NaOH	261,6895381	0,04163194	2130
Total	6285,787913	1	

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \text{fraksi berat}/\rho \text{ komponen}} \times 62,43 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 43,39383602 \text{ lb/ft}^3 = 695,079866 \text{ kg/m}^3$$

Perhitungan

Volume NaCl selama waktu tinggal 7 hari

$$VL = \frac{\text{massa NaCl}}{\rho \text{ NaCl}} = \frac{13918,1448 \text{ lb/jam}}{43,393836 \text{ lb/ft}^3} = 320,740134 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 320,740134 \frac{\text{ft}^3}{\text{jam}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 7 \text{ hari}$$

$$= 53884,3426 \text{ ft}^3$$

Asumsi : NaCl mengisi gudang sebesar 80% dari volume total

Volume ruang kosong = 20% volume gudang

Volume gudang = Volume bahan + 0.2 Volume gudang

$$0,8 \text{ volume gudang} = 53884,3426$$

Volume gudang = 67355,4282 ft³

$$= 1907,30366 \text{ m}^3$$

Karena volume total gudang = P × L × t

Dimana t = 32,8 ft

$$P = 2 \times \text{Lebar}$$

Maka,

$$V = (2 \times L) \times L \times t$$

$$67355,4 = (2 \times L \times L) \times 32,8$$

$$L = 32,0391824 \text{ ft} = 46 \text{ ft}$$

$$P = 2 \times L$$

$$P = 2 \times 46 \text{ ft}$$

$$= 92 \text{ ft}$$

Jadi, dimensi gudang bahan baku NaCl

Panjang = 92 ft = 1104 in

Lebar = 46 ft = 552 in

Tinggi = 32,8 ft = 394 in

SPEKIFIKASI ALAT :

- Bahan Konstruksi : Beton bertulang
- Panjang Gudang : 1104 in
- Lebar Gudang : 552 in
- Tinggi Gudang : 394 in
- Jumlah : 1 buah

APPENDIX D PERHITUNGAN UTILITAS

Utilitas merupakan salah satu bagian yang paling penting untuk menunjang jalarnya proses produksi dalam suatu industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Ran Pabrik Dekstrin Dari Bubuk Pati Ubi Kayu Dengan Proses Hidrolisis Enzim ini yaitu:

- air yang berfungsi sebagai air proses, air umpan boiler, air sanitasi dan air untuk madam kebakaran
- Steam sebagai media pemanas proses produksi
- Listrik yang berfungsi menjalankan alat produksi, utilitas dan untuk penerangan
- Bahan bakar untuk pengoprasian boiler

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas dibagi menjadi 4 unit, yaitu:

- a. Unit penyedia steam
- b. Unit penyedia air
- c. Unit penyedia listrik
- d. Unit penyedia bahan bakar

A. Unit penyedia steam

Kebutuhan air pengisi boiler atau air umpan boiler pada Pra Rencana Pabrik Dekstrin dari Ubi Kayu dengan Proses Hidrolisis Enzyme ini berdasarkan pada kebutuhan steam. Adapun alat-alat yang membutuhkan steam adalah :

Tabel D.1. Kebutuhan Steam pada Peralatan

No	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah (Kg/jam)
1	R-110	Reaktor liquifikasi	44233,2293
2	V-120 a	Evaporator	6067,155845
3	V-120 b	Evaporator	6067,155845
4	B-130	Spray Dryer	143413,1802
5	E-125	Heater	23267,0196
			223047,7408

Direncanakan banyaknya steam yang disupply adalah 20% excess, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{kebutuhan steam} &= 1,2 \times 223047,7408 \text{ kg/jam} \\ &= 267657,2889 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Make up untuk kebutuhan steam direncanakan 10% excess, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{make up steam} &= 1,1 \times 267657,2889 \text{ kg/jam} \\ &= 294423,0178 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jadi jumlah steam yang harus dihasilkan oleh boiler adalah :

$$\begin{aligned} \text{massa steam (m}_s) &= 294423,0178 \text{ kg/jam} \\ &= 649090,8735 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Direncanakan steam yang digunakan adalah saturated steam dengan kondisi :

- Suhu (T) = $120\text{ }^{\circ}\text{C} = 248\text{ }^{\circ}\text{F}$
- Tekanan (P) = $198,54\text{ kpa} = 28,7958\text{ psia}$
- Air umpan boiler masuk pada suhu = $27\text{ }^{\circ}\text{C} = 86\text{ }^{\circ}\text{F}$

Dasar Perhitungan:

Dari Pers. 171, Savern W.H. hlm. 140, didapatkan Kapasitas Boiler, (Q):

$$Q = \frac{m_s \times (H_g - H_f)}{1000}$$

dimana:

m_s = massa steam yang dihasilkan

H_g = entalphi steam pada $302\text{ }^{\circ}\text{F}$

H_f = entalphi air masuk pada $86\text{ }^{\circ}\text{F}$

Dari "Van Ness", App. F, Tabel F-3, hlm. 706 didapatkan:

H_g pada $302\text{ }^{\circ}\text{F} = 1180,26\text{ btu/lb}$

H_f pada $86\text{ }^{\circ}\text{F} = 54,03\text{ btu/lb}$

Jadi:

$$Q = \frac{649090,8735\text{ lb/jam} \times [1180,26 - 54,03]\text{ btu/lb}}{1000}$$

$$= 731025,6144\text{ kbtu/jam} = 731025614,4474\text{ btu/jam}$$

dimana: $1\text{ Hp} = 33475\text{ btu/jam}$

$$\text{Jadi, } Q = \frac{731025614,4474}{33475}$$

$$= 21837,957\text{ Hp}$$

Panas yang dipindahkan oleh permukaan air = 6.10^5 W/m^2 (Perry, Table 9.49)
 $= 190198,44\text{ btu/jam.ft}^2$

$$\text{Luas permukaan panas (A)} = \frac{731025614,4474\text{ btu/jam}}{190198,44\text{ btu/jam.ft}^2}$$

$$= 3843,48901\text{ ft}^2$$

Dari Pers. 173 Savern W.H. hlm. 140, didapatkan:

$$\text{Faktor evaporasi} = \frac{H_g - H_f}{970,3}$$

$$= \frac{1180,26 - 54,030}{970,3}$$

$$= 1,1607$$

$$\text{Jumlah air yang dibutuhkan} = \text{faktor evaporasi} \times \text{rate steam}$$

$$= 1,1607 \times 649090,8735\text{ lb/jam}$$

$$= 753401,6433\text{ lb/jam}$$

Bahan bakar yang digunakan adalah fuel oil 33 °API dengan *Heating Value* :

$$H_v = 132000 \text{ btu/lb} \quad (\text{Perry, 7}^{\text{th}} \text{ Edition, Fig. 27-3})$$

$$= 76758 \text{ kkal/kg}$$

Diperkirakan efisiensi boiler 85%, maka:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{m_s \times (H_g - H_f)}{\text{efisiensi} \times H_v} \\ &= \frac{649090,8735 \text{ lb/jam} \times [1180,26 - 54] \text{ btu/lb}}{0,85 \times 132000 \text{ btu/lb}} \\ &= 6515,3798 \text{ lb/jam} = 2955,3569 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jumlah perpindahan panas boiler dan jumlah tube dapat dihitung sebagai berikut:

- Heating value surface = 10 ft²/Hp boiler
- panjang pipa (L) = 30 ft
- Ukuran pipa = 10 in
- Luas permukaan (at) = 2,814 ft²/ft (Kern, Tabel 11 hlm. 844)

$$\begin{aligned} \text{Heating surface Boiler} &= H_v \text{ surface} \times \text{Hp Boiler} \\ &= 10 \text{ ft}^2/\text{Hp} \times 21837,957 \text{ Hp} \\ &= 218379,57 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tube yang dibutuhkan,

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{A}{at \times L} \\ &= \frac{218379,5712 \text{ ft}^2}{2,814 \text{ ft}^2/\text{ft} \times 30 \text{ ft}} \\ &= 2586,8227 \approx 2588 \text{ tube} \end{aligned}$$

» Spesifikasi Boiler

- Tipe : Fire Tube Boiler
- Kapasitas Boiler : 731025614,4474 btu/jam
- Rate steam : 649090,8735 lb/jam
- Bahan bakar : Fuel oil 33 °API
- Efisiensi : 85%
- Heating surface : 218379,5712 ft²
- Jumlah tube : 2587,8227 tube
- Ukuran tube : 10 in
- Panjang tube : 30 in
- Jumlah Boiler : 1 buah

Dari perhitungan di atas, diketahui bahwa jumlah air umpan yang dibutuhkan sebesar 753401,643 lb/jam. Air umpan boiler disediakan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang, kebocoran akibat dari transmisi diperkirakan sebesar 5% dan faktor keamanan 10%.

Sehingga kebutuhan air umpan boiler sebesar:

Excess 20%,

$$1,2 \times 753401,6433 \text{ lb/jam} = 904081,9719 \text{ lb/jam}$$

Faktor kebocoran 5%,

$$0,05 \times 753401,6433 \text{ lb/jam} = 37670,0822 \text{ lb/jam}$$

Faktor keamanan 10%,

$$0,1 \times 753401,6433 \text{ lb/jam} = 75340,1643 \text{ lb/jam}$$

Jadi total kebutuhan air umpan boiler adalah:

$$= 904081,9719 + 37670,0822 + 75340,1643 \text{ lb/jam}$$

$$= 1017092,2184 \text{ lb/jam}$$

$$= 461350,0038 \text{ kg/jam}$$

B. Unit penyedia air

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, tan- an dan kebutuhan yang lain. Air sanitasi yang digunakan harus memenuhi syarat ku- tas air sebagai berikut:

a. Syarat fisik

- Suhu : berada di bawah suhu kamar
- Warna : tidak berwarna/jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : $< 1 \text{ mg SiO}_2/\text{liter}$
- pH : netral

b. Syarat kimia

- Tidak mengandung logam berat seperti: Pb, As, Cr, Cd, dan Hg
- Tidak mengandung zat-zat kimia beracun

c. Syarat mikrobiologis

- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen yang da- pat merubah sifat-sifat fisik air

kebutuhan air untuk pabrik dekstrin bubuk pati ketela adalah:

1. Untuk kebutuhan karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air setiap orang adalah 120 L/hari

Jumlah karyawan pada pabrik = 148 orang

Jam kerja untuk setiap karyawan = 8 jam/hari

Jadi, kebutuhan air karyawan per jam kerja adalah :

$$120 \text{ L/hari} \times \frac{8 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} = 40 \text{ L}$$

Kebutuhan per jam = 5 L/jam

Kebutuhan air untuk karyawan,

$$5 \text{ L/jam} \times 148 = 740 \text{ L/jam}$$

Jika densitas air = $995,68 \text{ kg/m}^3$

= $0,99568 \text{ kg/L}$, maka kebutuhan air sanitasi karyawan:

$$V = \frac{m}{\rho} \implies m = V \times \rho$$

$$= 740 \text{ L/jam} \times 0,99568 \text{ kg/L}$$

$$= 736,8 \text{ kg/jam}$$

2. Untuk laboratorium dan taman

Direncanakan kebutuhan air untuk taman dan laboratorium adalah sebesar 50% dari kebutuhan karyawan.

Sehingga, kebutuhan air untuk laboratorium dan taman:

$$50\% \times 736,8 \text{ kg/jam} = 368,4 \text{ kg/jam}$$

Jadi, kebutuhan air untuk karyawan, laboratorium dan taman adalah :

$$736,8 + 368,402 = 1105,2 \text{ kg/jam}$$

3. Untuk pemadam kebakaran dan cadangan air

Air sanitasi yang digunakan untuk pemadam kebakaran dan cadangan air direncanakan 40% dari kebutuhan air untuk karyawan, laboratorium dan taman, sehingga kebutuhan untuk pemadam kebakaran dan cadangan air:

$$40\% \times 1105,2 \text{ kg/jam} = 442,08 \text{ kg/jam}$$

Jadi, kebutuhan total untuk air sanitasi adalah:

$$442,082 + 1105,2 = 1547,29 \text{ kg/jam}$$

4. Air proses untuk pabrik

$$\text{Reaktor} = 10471,8784 \text{ kg/jam}$$

Direncanakan banyaknya air proses yang disupply dengan excess 20%

$$\text{Kebutuhan air proses} = 1,2 \times 10471,8784$$

$$= 12566,2541 \text{ kg/jam}$$

Total kebutuhan air yang perlu disediakan pada pra rencana Pabrik Dekstrin adalah sebagai berikut:

No.	Keterangan	Jumlah (kg/jam)
1	Air Umpan Boiler	461350,0038
2	Air Sanitasi	1547,2867
3	Air Proses	12566,25
Jumlah		475463,5446

Air yang diperoleh berasal dari air sungai, sehingga perlu pengolahan awal. Sebelum digunakan, air sungai tersebut perlu diproses untuk memenuhi kebutuhan air proses, air umpan boiler, dan air sanitasi.

» Peralatan yang digunakan pada bagian pengolahan air

1. Pompa Air Sungai (L-211)

Fungsi : Memompakan air sungai ke bak penampung air bersih

Type : Centrifugal Pump

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 475463,5446 kg/jam
- = 1048206,9305 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³
- viskositas (μ) = 0,000538 lb/ft.detik
- = 1,936967 lb/ft.jam

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\
 &= \frac{1048206,9305 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\
 &= 16863,5533 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 4,6843 \text{ ft}^3/\text{detik} \\
 &= 1750,7986 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen ($N_{Re} > 2100$), maka:

$$\begin{aligned}
 \text{ID optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Pers. 15 Petters \& Timmerhaus, hlm. 496}) \\
 &= 3,9 \times [4,6843]^{0,45} \times [62,1581]^{0,13} \\
 &= 13,3663 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Karena diameter pipa terlalu besar sehingga diambil:

$$\text{Standarisasi ID} = 8 \text{ in sch 80} \quad (\text{Geankoplis, App. A-5 hlm. 892})$$

Sehingga diperoleh :

$$\text{OD} = 8,625 \text{ in} = 0,71875 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 7,625 \text{ in} = 0,63542 \text{ ft}$$

$$\text{A} = 0,3171 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju aliran fluida (V)} &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{4,6843 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0,3171 \text{ ft}^2} \\
 &= 14,7724 \text{ ft/detik} \\
 &= 53180,5527 \text{ ft/jam}
 \end{aligned}$$

Cek jenis aliran fluida:

$$\begin{aligned}
 N_{Re} &= \frac{D \times V \times \rho}{\mu} \\
 &= \frac{0,63542 \times 14,7724 \times 62,1581}{0,000538} \\
 &= 1084394,1675
 \end{aligned}$$

Karena $N_{Re} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen.

Ditentukan bahan pipa adalah Carbon Steel.

Sehingga diperoleh:

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,00015092 \text{ ft} \quad (\text{Geankoplis, Fig. 2.10-3 hlm. 88})$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,00015092}{0,6354} = 0,000238$$

$$f = 0,003 \quad (\text{Geankoplis, Fig. 2.10-3 hlm. 88})$$

Direncanakan:

a. Panjang pipa lurus = 80 ft

b. Elbow, 90° = 3 buah

$$\text{Le/D} = 35 \quad (\text{Tabel 2.10-1, Geankoplis hlm. 93})$$

$$\begin{aligned}
 L \text{ elbow} &= 35 \text{ ID} \\
 &= 35 \times 3 \times 0,6354 \\
 &= 66,7188 \text{ ft} \\
 \text{c. Gate valve} &= 2 \text{ buah (wide open)} \\
 L_e/D &= 9 \quad (\text{Tabel 2.10-1, Geankoplis hlm. 93}) \\
 L \text{ elbow} &= 9 \text{ ID} \\
 &= 9 \times 2 \times 0,6354 \\
 &= 11,4375 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Dari Tabel 2.10-1, Geankoplis hlm. 93 diperoleh:

$$K_f = 2 \times 0,17 = 0,34$$

Jadi, total panjang pipa:

$$\begin{aligned}
 \Delta L &= 80 + 66,7188 + 11,4375 \\
 &= 158,1563 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

1. Friksi pada kontraksi

$$\begin{aligned}
 K_c &= 0,55 \times (1 - (A_2/A_1)) \quad (A_2/A_1 = 0 \text{ karena nilai } A_1 > A_2) \\
 &= 0,55
 \end{aligned}$$

2. Friksi pada ekspansi

$$\begin{aligned}
 K_{ex} &= (1 - (A_2/A_1))^2 \\
 &= (1 - 0)^2 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Dari Pers. 2.10-8, Geankoplis, hlm. 94:

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= \left[4 f \frac{\Delta L}{D} + K_{ex} + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} \\
 \Sigma F &= \left[4 \times 0,004 \frac{158,156}{0,63542} + 1 + 0,55 + 0,34 \right] \times \frac{14,7724^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} \\
 &= 19,91513288 \text{ lbf.ft/lbm}
 \end{aligned}$$

Menentukan tenaga penggerak pompa:

Dari Pers. 2.7-28, Geankoplis, hlm. 64

$$\left(\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{g_c} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F + W_s = 0$$

Direncanakan :

$$\Delta Z = 40 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 14,7724 \text{ ft/detik}$$

$$\alpha = 1 \text{ (aliran turbulen)}$$

$$\begin{aligned}
 -W_s &= \left(\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{g_c} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F \\
 &= \left(\frac{14,7724^2}{2 \times 1 \times 32,174} \right) + \left(\frac{40}{32,174} \right) + \left(\frac{0}{62,158} \right) + 19,9151 \\
 &= 24,5497
 \end{aligned}$$

Menghitung daya pompa

$$\begin{aligned} W_p &= \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550} \\ &= \frac{24,5497 \times 4,6843 \times 62,158}{550} \\ &= 0,1662 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Untuk kapasitas (Q) = 1750,80 gal/min

η pompa = 80% (Peters & Timmerhauss, Fig. 1437 hlm. 520)

$$\text{BHP} = \frac{W_p}{\eta \text{ pompa}} = \frac{0,1662}{0,80} = 0,208 \text{ Hp}$$

η motor = 80% (Peters & Timmerhauss, Fig. 1438 hlm. 521)

$$\begin{aligned} \text{Daya motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{0,20771}{0,8} \\ &= 0,25964 \text{ Hp} \end{aligned}$$

» Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Suhu max : 70 °C
- Jumlah : 1 buah

2. Bak Sedimentasi (F-212)

Fungsi : Mengendapkan lumpur yang terikut air sungai

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 475463,5446 kg/jam = 1048206,9305 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{1048206,93 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 16863,5533 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 477,5252 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Waktu pengendapan = 12 jam

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu pengendapan} \\ &= 477,5252 \text{ m}^3/\text{jam} \times 12 \text{ jam} \\ &= 5730,3029 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume liquid = 80% volume bak, sehingga:

$$\text{Volume bak} = \frac{5730,3029 \text{ m}^3}{0,8}$$

$$= 7162,8786 \text{ m}^3$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio:

$$\text{Panjang} : \text{Lebar} : \text{Tinggi} = 5 \times 3 \times 2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 30 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 30 \text{ x}^3 \\ 7162,8786 &= 30 \text{ x}^3 \\ \text{x} &= 6,2038 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi dimensi bak sedimentasi :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 5 \times 6,20 \text{ m} = 31,0188 \approx 31 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 3 \times 6,20 \text{ m} = 18,6113 \approx 19 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 2 \times 6,20 \text{ m} = 12,4075 \approx 12 \text{ m} \end{aligned}$$

» Spesifikasi Bak Sedimentasi

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 31 m
- Lebar : 19 m
- Tinggi : 12 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

3. Pompa Air ke Bak Skimmer (L-213)

Fungsi : Memompakan air dari bak sedimentasi menuju bak skimmer

Type : Centrifugal Pump

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 475463,5446 kg/jam
= 1048206,930 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³
- viskositas (μ) = 0,000538 lb/ft.detik

Perhitungan:

Dengan cara yang sama pada pompa L-211, maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

» Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Suhu max : 70 °C
- Jumlah : 1 buah

4. Bak Skimmer (F-214)

Fungsi : Memisahkan kotoran yang mengapung

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 475463,5446 kg/jam = 1048206,930 lb/jam

$$\text{- densitas } (\rho) \text{ air} = 62,1581 \text{ lb/ft}^3$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{1048206,9305 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 16863,5533 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 477,5252 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 2 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 477,5252 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam} \\ &= 955,0505 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume liquid} = 80\% \text{ volume bak, sehingga:}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{955,0505 \text{ m}^3}{0,8} \\ &= 1193,8131 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio:

$$\text{Panjang : Lebar : Tinggi} = 5 \times 3 \times 2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 30 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 30 \text{ m}^3 \\ 1193,8131 \text{ m}^3 &= 30 \text{ m}^3 \\ x &= 3,4141 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi dimensi bak skimmer:

$$\text{Panjang} = 5 \times 3,4141 \text{ m} = 17,0703 \approx 17 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3 \times 3,4141 \text{ m} = 10,2422 \approx 10 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 2 \times 3,4141 \text{ m} = 6,8281 \approx 7 \text{ m}$$

» Spesifikasi Bak Skimmer

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 17 m
- Lebar : 10 m
- Tinggi : 7 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

5. Pompa Air ke Tangki Clarifier (L-215)

Fungsi : Memompakan air dari bak skimmer ke tangki Clarifier

Type : Centrifugal Pump

Dasar Perencanaan:

$$\text{- rate aliran} = 475463,5446 \text{ kg/jam}$$

- = 1048206,9305 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³
 - viskositas (μ) = 0,00054 lb/ft.detik

PERHITUNGAN

Dengan cara yang sama pada pompa L-211, maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

- » Spesifikasi Pompa
- Tipe : Centrifugal pump
 - Daya pompa : 1 Hp
 - Bahan : Carbon Steel
 - Suhu max : 70 °C
 - Jumlah : 1 buah

6. Tangki Clarifier (F-216)

Fungsi : Tempat terjadinya proses flokulasi dan koagulasi dengan penambahan koagulan alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$)

Bahan : Carbon Steel SA-240 Grade M Type 316

Dasar Perencanaan:

Dibuat 10 tangki sehingga rate aliran dibagi 10

- rate aliran = 47546,354 kg/jam = 104820,6930 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³

PERHITUNGAN

A. Menentukan dimensi tangki clarifier

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{104820,6930 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} = 1686,3553 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Diasumsikan:

- volume bahan = 80% volume tangki
- volume ruang kosong = 20% volume tangki
- waktu tinggal = 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= 1686,3553 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 843,1777 \text{ ft}^3 = 23,8763 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, volume tangki (V}_T) &= \frac{843,1777 \text{ ft}^3}{80\%} \\ &= 1053,9721 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan alum 30% dari volume air total.

Konsentrasi alum yang digunakan adalah 80 mg/L air (0,08 kg/m³)

Jadi,

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan alum} &= 30\% \times 23,8763 \text{ m}^3 \times 0,08 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,5730 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan alum tiap hari} &= \frac{24 \text{ jam/hari} \times 0,5730 \text{ kg}}{0,5 \text{ jam}} \\ &= 27,5055 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Menentukan dimensi tangki:

$$= \frac{\pi \cdot D_i^3}{24 \text{ tg } 1/2 \alpha} + \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} L_s$$

Asumsi: $L_s = 1,5 D_i$

$$1053,9721 \text{ ft}^3 = \frac{\pi \cdot D_i^3}{24 \text{ tg } (60)} + \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} 1,5 D_i$$

$$1053,9721 \text{ ft}^3 = 0,07554 D_i^3 + 1,1775 D_i^3$$

$$D_i^3 = 841,1343 \text{ ft}^3$$

$$D_i = 9,4396 \text{ ft} = 113,275596 \text{ in}$$

Menentukan tinggi bahan (L_{Ls}):

Volume bahan = Volume tutup bawah + Volume silinder

$$1686,3553 \text{ ft}^3 = \frac{\pi \cdot D_i^3}{24 \text{ tg } 1/2 \alpha} + \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} L_{Ls}$$

$$843,1777 \text{ ft}^3 = \frac{3,14 \times [9,4396^3]}{24 \text{ tg } (60)} + \frac{3,14 \times [9,4396]^2}{4} L_{Ls}$$

$$843,1777 \text{ ft}^3 = 63,5364737 \text{ ft}^3 + 69,9487368 \text{ ft}^2 L_{Ls}$$

$$L_{Ls} = 11,1459 \text{ ft}$$

Menentukan tekanan design (P_i):

$$P_{\text{design}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho (H - 1)}{144}$$

$$= \frac{62,1581 [11,1459 - 1]}{144} = 4,37951 \text{ psia}$$

$$P_{\text{design}} = [14,7 + 4,37951] \text{ psia} - 14,7$$

$$= 4,37951 \text{ psig}$$

Menentukan tebal silinder (t_s):

Bahan: HAS SA 240 Grade B

- F allowable (f) = 17500 psi (Brownell 1959, hlm. 342)

- faktor korosi (C) = 1/16 in

- tipe pengelasan = Double welded butt joint (E = 0,8)

(Brownell 1959, hlm. 254)

$$t_s = \frac{P_i \times D_i}{2 (f \times E - 0,6 P_i)} + C$$

$$= \frac{4,37951 \times 113,2756}{2 [17500 \times 0,8 - 0,6 \times 4,37951]} + \frac{1}{16}$$

$$= \left[0,01772 \times (16/16) \right] + (1/16)$$

$$= \frac{1,28353}{16} \approx 1/16$$

Standarisasi: $d_o = d_i + 2 t_s$

$$= 113,2756 + 2 \cdot 1/16$$

$$= 113,4360$$

Dengan pendekatan ke atas maka didapatkan harga $d_o = 132$ in
(Brownell 1959, Tabel 5.7 hlm. 89-9)

Maka, harga d_i baru:

$$d_i = d_o - 2 t_s$$

$$= 132 - 2 \cdot 1/16$$

$$= 131,625 \text{ in} = 10,9686 \text{ ft}$$

Menentukan tinggi silinder (L_s):

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi d_i^3}{24 \operatorname{tg} 1/2 \alpha} + \frac{\pi d_i^2 L_s}{4}$$

$$1053,9721 = \frac{3,14 \left(\frac{1319,6482}{\operatorname{tg} 1/2 (120)} \right)}{24} + \frac{3,14 \left(120,311 \right)}{4} L_s$$

$$1053,9721 = 99,68182 + 94,44416 L_s$$

$$L_s = 10,1043 \text{ ft} = 121,251 \text{ in}$$

Menentukan dimensi tutup bawah (conical):

Tebal tutup bawah (thb)

$$\text{thb} = \frac{P_i \times d_i}{2 (f \times E - 0,6 \times P_i) \cos 1/2 \alpha} + C$$

$$= \frac{4,3795 \times 131,625}{2 \left[17500 \times 0,8 - 0,6 \times 4,3795 \right] \cos 60^\circ} + \frac{1}{16}$$

$$= \left[0,04118 \times (16/16) \right] + (1/16)$$

$$= 1,6589 / 16 \approx 3/29 \text{ in}$$

Tinggi tutup bawah (hb)

$$\text{hb} = \frac{1/2 d_i}{\operatorname{tg} 1/2 \alpha} = \frac{1/2 \times 131,625}{\operatorname{tg} 60^\circ} = 37,9969 \text{ in}$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh dimensi tangki baffle mixing sebagai berikut

$$D_o = 132 \text{ in} \quad \text{thb} = 3/29 \text{ in}$$

$$D_i = 131,625 \text{ in} \quad \text{hb} = 37,9969 \text{ in}$$

$$L_s = 121,251 \text{ in} \quad t_s = 1/16 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi tangk} = \text{hb} + L_s$$

$$= 37,9969 + 121,251$$

$$= 159,2482 \text{ in}$$

B. Menentukan dimensi pengaduk

Perencanaan Pengaduk:

- Jenis pengaduk = Axial turbine 4 blades, sudut 45°
(G.G. Brown, hlm. 4)
- Bahan impeller = HAS SA 240 Grade M Type 316

- Bahan poros pengaduk = Hot Roller SAE 1020

Dari McCabe, Jilid I, hlm. 235, didapatkan:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \qquad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \qquad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{E}{D_a} = 1 \qquad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

dimana:

D_a = diameter impeller
 D_t = diameter tangki
 E = tinggi impeller dari dasar tangki
 L = panjang impeller
 W = lebar impeller
 J = tebal blade

a. Menentukan diameter Impeller

$$D_a = 1/3 \times D_t = 1/3 \times 131,625 \text{ in} = 43,875 \text{ in}$$

b. Menentukan jarak Impeller dari dasar tangki

$$E = 1 \times D_a = 1 \times 43,875 \text{ in} = 43,875 \text{ in}$$

c. Menentukan panjang Impeller

$$L = 1/4 \times D_a = 1/4 \times 43,875 \text{ in} = 10,9688 \text{ in}$$

d. Menentukan lebar Impeller

$$W = 1/5 \times D_a = 1/5 \times 43,875 \text{ in} = 8,775 \text{ in}$$

e. Menentukan tebal Blade

$$J = 1/12 \times D_t = 1/12 \times 131,625 \text{ in} = 10,9688 \text{ in}$$

Perhitungan daya pengaduk:

$$P = \frac{\phi \times \rho \times n^3 \times D_i^5}{gc} \qquad (\text{Pers. 461, G.G. Brown, hlm. 506})$$

dimana:

P = daya pengaduk
 ρ = densitas bahan = 62,1581 lb/ft³
 D_i = diameter impeller = 3,65621 ft
 gc = faktor gravitasi konversi = 32,174 lb.ft/detik².lbf
 n = putaran pengaduk, ditetapkan = 60 rpm = 1 rps
 ϕ = power number

(Perry 6th Edition, hlm. 19-6)

Menghitung bilangan Reynold (N_{Re})

$$N_{Re} = \frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu} \qquad (\text{Pers. 3.4-1, Geankoplis, hlm. 144})$$

$$\mu = 0,000538 \text{ lb/ft.detik}$$

$$N_{Re} = \frac{13,3679 \times 1 \times 62,1581}{0,000538}$$

$$= 1544466,8968$$

Diketahui jenis aliran adalah turbulen ($N_{Re} > 2100$)

Dari "G.G. Brown", Fig. 477, hlm. 507, diperoleh $\phi = 0,6$
Sehingga:

$$\begin{aligned} P &= \frac{0,6 \times 62,1581 \times 1 \times 653,367}{32,174} \\ &= 757,3585 \text{ lb.ft/detik} \\ &= 1,3770 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kehilangan-kehilangan daya:

- *Gain losses* (kebocoran daya pada proses dan bearing/poros datar) diperkirakan 10% dari daya masuk
- *Transmission System Losses* (kebocoran belt atau gear) diperkirakan 15% dari daya masuk

Sehingga daya yang dibutuhkan,

$$\begin{aligned} &= [0,1 + 0,15]P + P \\ &= [0,1377 + 0,20655] \text{ Hp} + 1,3770 \text{ Hp} \\ &= 1,721 \approx 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Perhitungan poros pengaduk:

1. Diameter poros

$$T = \frac{63025 \text{ H}}{N} \quad (\text{Hesse, hlm. 469})$$

dimana, $H =$ daya motor pada poros = 1 Hp
 $N =$ putaran pengaduk (rpm)

$$\begin{aligned} T &= \frac{63025 \times 1}{60} \\ &= 1050,4167 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Dari "Hesse", Tabel 16-1, hlm. 467, untuk bahan *Hot Rolled Steel* SAE 102C mengandung karbon 20% dengan batas elastis 36000 lb/in²

S (maksimum design shering stress yang diijinkan)

$$= 20\% \times 36000 \text{ lb/in}^2 = 7200 \text{ lb/in}^2$$

Maka didapatkan diameter poros pengaduk (D):

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{16 \times T}{\pi \times S} \right)^{1/3} \quad (\text{Hesse, hlm. 465}) \\ &= \left(\frac{16 \times 1050,4167}{3,14 \times 7200} \right)^{1/3} = 0,90589 \text{ in} \end{aligned}$$

2. Panjang poros

$$L = h - Z_i$$

dimana, $L =$ panjang poros (ft)

$Z_i =$ jarak impeler dari dasar tangki = 43,875 in

$h =$ tinggi silinder + tinggi tutup bawah = 159,2482 in

Jadi, panjang poros pengaduk (L),

$$\begin{aligned} &= [159,2482 - 43,875] \text{ in} \\ &= 115,373 \text{ in} = 9,6143 \text{ ft} \end{aligned}$$

» Spesifikasi Tangki Clarifier

- Bentuk : Tangki silinder, tutup bawah berbentuk conical

- Diameter tangki : OD = 132 in
ID = 131,625 in
- Tebal tangki (ts) : 1/16 in
- Tinggi tangki : 159,2482 in
- Diameter Impeller : 43,875 in
- Lebar Impeller : 8,775 in
- Daya motor : 2 Hp
- Jumlah : 10 buah

7. Sand Filter (F-217)

Fungsi : Mengilangkan warna, bau dan rasa air sungai

Bejana berbentuk silinder, tutup atas dan tutup bawah berbentuk Standar Dished

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 475463,5446 kg/jam = 1048206,9305 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{1048206,9305 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} = 16863,553 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Diasumsikan:

- volume liquid = 80% volume tangki
- volume ruang kosong = 20% volume tangki
- waktu tinggal = 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Volume liquid} &= 16863,553 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 8431,777 \text{ ft}^3 = 238,7626 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{8431,777 \text{ ft}^3}{0,8} \\ &= 10539,721 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang kosong} &= 20\% \times 10539,721 \text{ ft}^3 \\ &= 2107,9442 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Porositas} = \frac{V \text{ ruang kosong}}{V \text{ ruang kosong} + V \text{ padatan}}$$

Diasumsikan *porositas bad* sebesar = 0,4

Maka,

$$\begin{aligned} 0,4 &= \frac{2107,9442}{2107,9442 + V \text{ padatan}} \\ 843,1777 + 0,4 V \text{ padatan} &= 2107,9442 \end{aligned}$$

$$V \text{ padatan} = 3161,92 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total tangki} &= \text{Volume padatan} + \text{Volume air} \\ &= 3161,92 \text{ ft}^3 + 8431,777 \text{ ft}^3 \\ &= 11593,693 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Menentukan dimensi tangki:

$$\text{Volume tangki} = 1/4 \pi D_i^2 L_s$$

Diasumsikan, $L_s = 1,5 D_i$, sehingga:

$$11593,693 \text{ ft}^3 = 1/4 \times 3,14 \times (D_i)^2 \times 1,5 D_i$$

$$11593,693 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_i^3$$

$$D_i = 21,4332 \text{ ft}$$

Jadi,

$$\text{Tinggi tangki (Ls)} = 1,5 \times 21,4332 \text{ ft} = 32,1498 \text{ ft}$$

Menentukan tinggi tutup atas dan tutup bawah (h):

$$h = 0,196 D_i$$

$$= 0,196 \times 21,4332 \text{ ft} = 4,20091 \text{ ft}$$

Sehingga, total tinggi tangki = $L_s + 2h$

$$= 32,1498 + 8,40181 = 40,5516 \text{ ft}$$

» Spesifikasi Tangki Sand Filter

- Bentuk : Silinder tegak, tutup atas dan tutup bawah berbentuk standard dished
- Tinggi : 40,5516 ft
- Diameter : 21,4332 ft
- Bahan : Carbon Steel
- Jumlah : 1 buah

8. Bak Air Bersih (F-218)

Fungsi : Menampung air bersih untuk didistribusikan ke proses selanjutnya

Dasar Perencanaan:

$$\text{- rate aliran} = 475463,5446 \text{ kg/jam} = 1048206,9305 \text{ lb/jam}$$

$$\text{- densitas } (\rho) \text{ air} = 62,1581 \text{ lb/ft}^3$$

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{1048206,9305 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 16863,5533 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 477,5252 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 24 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air} = \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal}$$

$$\begin{aligned}
 &= 477,5252 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 11460,6057 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume air} &= 80\% \text{ volume bak, sehingga:} \\
 \text{Volume bak} &= \frac{11460,6057 \text{ m}^3}{0,8} \\
 &= 14325,7571 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio:

$$\text{Panjang} : \text{Lebar} : \text{Tinggi} = 5 \times 3 \times 2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= 5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\
 &= 30 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= 30 \text{ x}^3 \\
 14325,7571 \text{ m}^3 &= 30 \text{ x}^3 \\
 \text{x} &= 7,8163 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi dimensi bak air bersih:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 5 \times 7,816 \text{ m} = 39,0813 \approx 39 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 3 \times 7,816 \text{ m} = 23,4488 \approx 23 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 2 \times 7,816 \text{ m} = 15,6325 \approx 16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

» Spesifikasi Bak Air Bersih

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 39 m
- Lebar : 23 m
- Tinggi : 16 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

9. Pompa Air Bersih (L-219)

Fungsi : Memompakan air dari bak penampung air bersih untuk didistribusikan menuju treatment air umpan boiler, air pendingin serta air untuk kebutuhan sanitasi.

Type : Centrifugal Pump

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 475463,5446 kg/jam
= 1048206,9305 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³
- viskositas (μ) = 0,0005 lb/ft.detik

PERHITUNGAN

Dengan cara yang sama pada pompa L-211, maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

» Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump

- Merk : Showfou
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Suhu max : 70 °C
- Jumlah : 1 buah

10. Kation dan Anion Exchanger (D-210)

Fungsi : Menghilangkan ion-ion positif yang dapat menyebabkan kesadahan air.

Resin : H₂Z dan DOH

dimana kapasitas tukar kation/anion total exchange capacity (TEC):

Kation : 88,2 lb/ft³

Anion : 48,3 lb/ft³ (Pure water care, 2014)

Asumsi kesadahan TDS

Total kation/anion : 133 mg/L = 0,0083 lb/ft³

Bahan: Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 475463,5446 kg/jam = 1048206,9305 lb/jam

- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\
 &= \frac{1048206,9305 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\
 &= 16863,553 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 132,6452 \text{ ft}^3 \\
 &= 30126,987 \text{ L/s}
 \end{aligned}$$

Penentuan kapasitas resin: gpm

$$V_R = \frac{Q.t.TDS.15,45}{TEC.35,34.\eta} \quad (\text{Pure water care, 2014})$$

$$V_P = Q.t$$

$$V_R = \frac{V_P.TDS.0,4372}{TEC.\eta}$$

Volume kation

$$\begin{aligned}
 V_R &= \frac{16863,553 \times 0,0083 \times 0,4372}{88,2 \times 90\%} \\
 &= 0,7712 \text{ ft}^3 = 21,8378 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Volume anion

$$\begin{aligned}
 V_R &= \frac{16863,553 \times 0,0083 \times 0,4372}{48,3 \times 90\%} \\
 &= 1,4083 \text{ ft}^3 = 39,8776 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Diambil volume resin $V_R = 39,8776 \text{ L}$

Sehingga untuk lama waktu siklus 1 tahun dibutuh resin sebanyak:

$$\begin{aligned} V_R &= 39,8776 \text{ L} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 315830,96 \text{ L} \end{aligned}$$

Direncanakan: L (Untuk lama waktu siklus 1 jam)

- Tangki berbentuk silinder
- kecepatan air = 3 gpm/ft²
- tinggi bed = 4 m
- Tinggi tangki = 1,5 diameter

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang tangki} &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{kecepatan air}} \\ &= \frac{30126,987}{3} \\ &= 10042,329 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Volume resin} = \text{Luas} \cdot \text{Tinggi bed}$$

$$40 = \text{Luas} \times 4$$

$$\text{Luas} = 10 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter bed} &= \frac{A}{\pi/4} \\ &= \frac{10}{3,14 / 4} \\ &= 3,5637 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Direncanakan H/D} = 1,5$$

$$H = 1,5 \times 3,5637$$

$$= 5,3455 \text{ ft}$$

» Spesifikasi kation dan anion exchanger

- Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316
- Diameter : 3,5637 ft
- Tinggi : 5,3455 ft
- Jumlah : 1 buah

11. Bak Air Lunak (F-221)

Fungsi : Menampung air bersih untuk air proses dan air umpan boiler

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 475463,5446 kg/jam
= 1048206,9305 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³

PERHITUNGAN

Dengan cara yang sama pada pompa F-212, maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

» Spesifikasi Bak Air Lunak

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 31 m
- Lebar : 19 m

- Tinggi : 12 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

12. Pompa Air Lunak (L-222)

Fungsi : Memompakan air dari bak air lunak untuk didistribusikan menuju peralatan proses dan ke deaerator yang akan ditreatment sebagai air umpan boiler

Type : Centrifugal Pump

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 475463,5446 kg/jam
= 1048206,9305 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³
- viskositas (μ) = 0,0005 lb/ft.detik

PERHITUNGAN

Dengan cara yang sama pada pompa L-211, maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

» Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Suhu max : 70 °C
- Jumlah : 1 buah

13. Tangki Deaerator (D-223)

Fungsi : Menghilangkan gas impurities dalam air umpan boiler dengan injeksi steam

Type : Silinder Horizontal

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 461350,0038 kg/jam
= 1017092,2184 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{1017092,2184 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 16362,9798 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 463,3505 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Waktu tinggal 1 jam

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 463,3505 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 463,3505 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan volume liquid 80% volume tangki, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{463,3505 \text{ m}^3}{0,8} \\ &= 579,1881 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menentukan dimensi tangki

$$\text{Volume tangki} = 1/4 \pi \text{ Di}^2 \text{ Ls}$$

Diasumsikan, $\text{Ls} = 1,5 \text{ Di}$, sehingga:

$$579,1881 \text{ ft}^3 = 1/4 \times 3,14 \times (\text{Di})^2 \times 1,5 \text{ Di}$$

$$579,1881 \text{ ft}^3 = 1,1775 \text{ Di}^3$$

$$\text{Di} = 7,8938 \text{ ft}$$

Jadi,

$$\text{Tinggi tangki (Ls)} = 1,5 \times 7,8938 \text{ ft} = 11,8407 \text{ ft}$$

Menentukan tinggi tutup (h):

$$h = 0,196 \text{ Di}$$

$$= 0,196 \times 7,8938 \text{ ft} = 1,54719 \text{ ft}$$

Sehingga, total tinggi tangki = $\text{Ls} + 2h$

$$= 11,8407 + 2 [1,54719] = 14,9351 \text{ ft}$$

» Spesifikasi Tangki Deaerator

- Bentuk : Silinder Horizontal, tutup Standard Dished
- Dimensi : Tinggi = 14,9351 ft Di = 7,8938 ft
- Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316
- Jumlah : 1 buah

14 Bak Boiler Feed Water (F-224)

Fungsi : Sebagai tempat penampung air umpan boiler

Dasar Perencanaan:

$$\text{- rate aliran} = 461350,0038 \text{ kg/jam} = 1017092,2184 \text{ lb/jam}$$

$$\text{- densitas } (\rho) \text{ air} = 62,1581 \text{ lb/ft}^3$$

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{1017092,2184 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 16362,9798 \text{ ft}^3/\text{jam} = 463,3505 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Waktu tinggal 8 jam

$$\begin{aligned}\text{Volume air} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 463,3505 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\ &= 3706,8040 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Direncanakan volume liquid 80% volume bak, sehingga :

$$\text{Volume bak} = \frac{3706,8040 \text{ m}^3}{0,8}$$

$$= 4633,5050 \text{ m}^3$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan rasio:

$$\text{Panjang} : \text{Lebar} : \text{Tinggi} = 5 : 3 : 2$$

$$\text{Volume bak} = 5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 30 \text{ m}^3$$

Sehingga:

$$\text{Volume bak} = 30 \text{ x}^3$$

$$4633,5050 \text{ m}^3 = 30 \text{ x}^3$$

$$\text{x} = 5,36533 \text{ m}$$

Jadi dimensi bak boiler feed water:

$$\text{Panjang} = 5 \times 5,36533 \text{ m} = 26,8266 \approx 27 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3 \times 5,36533 \text{ m} = 16,0960 \approx 16 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 2 \times 5,36533 \text{ m} = 10,7307 \approx 11 \text{ m}$$

» Spesifikasi Bak Boiler Feed water

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 27 m
- Lebar : 16 m
- Tinggi : 11 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

15 Pompa ke Boiler (L-225)

Fungsi : Memompakan air umpan boiler menuju boiler

Type : Centrifugal Pump

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 461350,0038 kg/jam
= 1017092,2184 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³
- viskositas (μ) = 0,00054 lb/ft.detik
= 1,93697 lb/ft.jam

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{1017092,2184 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 16362,9798 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 4,5453 \text{ ft}^3/\text{detik} \\ &= 1698,8283 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen ($N_{Re} > 2100$), maka:

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Pers. 15, Peters \& Timmerhauss, hlm. 496})$$

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times [4,5453]^{0,45} \times [62,1581]^{0,13}$$

$$= 13,1862 \text{ in}$$

Sehingga diambil:

$$\text{Standarisasi ID} = 8 \text{ in sch 80} \quad (\text{Geankoplis, App. A.5 hlm. 892})$$

Sehingga diperoleh:

$$\text{OD} = 8,625 \text{ in} = 0,71874 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 7,625 \text{ in} = 0,63541 \text{ ft}$$

$$A = 0,31710 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Laju aliran fluida (V)} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{4,5453 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0,31710 \text{ ft}^2} \\ &= 14,3339 \text{ ft/detik} \\ &= 51601,95 \text{ ft/jam} \end{aligned}$$

Cek jenis aliran fluida:

$$\begin{aligned} N_{\text{Re}} &= \frac{D \times V \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,63541 \times 14,3339 \times 62,1581}{0,000538} \\ &= 1052194,592 \end{aligned}$$

Karena $N_{\text{Re}} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen

Ditentukan bahan pipa adalah Carbon Steel

Sehingga diperoleh:

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,00015092 \text{ ft} \quad (\text{Geankoplis, Fig. 2.10-3 hlm. 88})$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,00015092}{0,6354} = 0,000238$$

$$f = 0,003 \quad (\text{Geankoplis, Fig. 2.10-3 hlm. 88})$$

Direncanakan:

a. Panjang pipa lurus = 80 ft

b. Elbow, 90° = 3 buah

$$L/D = 35 \quad (\text{Tabel 2.10-1, Geankoplis, hlm. 93})$$

$$L \text{ elbow} = 35 \text{ ID}$$

$$= 35 \times 3 \times 0,6354$$

$$= 66,7181 \text{ ft}$$

c. Gate valve = 2 buah (wide open)

$$L/D = 9 \quad (\text{Tabel 2.10-1, Geankoplis, hlm. 93})$$

$$L \text{ elbow} = 9 \text{ ID}$$

$$= 9 \times 2 \times 0,6354$$

$$= 11,44 \text{ ft}$$

Dari Tabel 2.10.1 hlm. 93 diperoleh:

$$K_f = 2 \times 0,17 = 0,34$$

Jadi, total panjang pipa:

$$\Delta L = 80 + 66,7181 + 11,44$$

$$= 158,1555 \text{ ft}$$

1. Friksi pada kontraksi

$$\begin{aligned} K_c &= 0,55 \times (1 - (A_2/A_1)) \\ (A_2/A_1 &= 0 \text{ karena nilai } A_1 > A_2) \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

2. Friksi pada ekspansi

$$\begin{aligned} K_{ex} &= (1 - (A_2/A_1))^2 \\ &= (1 - 0)^2 \\ &= 1 \end{aligned}$$

Dari Pers. 2.10.8, Geankoplis, hlm. 94:

$$\begin{aligned} \Sigma F &= \left[4 f \frac{\Delta L}{D} + K_{ex} + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \\ \Sigma F &= \left[4 \times 0,004 \frac{158,155}{0,63541} + 1 + 0,55 + 0,34 \right] \times \frac{[14,3339]^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \\ &= 18,7504 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

Menentukan tenaga penggerak pompa:

Dari Pers. 2.7-28, Geankoplis, hlm. 64

$$\left(\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{gc} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F + W_s = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 40 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 14,3339 \text{ ft/detik}$$

$$\alpha = 1 \text{ (aliran turbulen)}$$

$$\begin{aligned} -W_s &= \left(\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \right) + \left(\frac{\Delta Z}{gc} \right) + \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right) + \Sigma F \\ &= \left(\frac{14,3339^2}{2 \times 1 \times 32,174} \right) + \left(\frac{40}{32,174} \right) + \left(\frac{0}{62,158} \right) + 18,7504 \\ &= 23,1866 \end{aligned}$$

Menghitung daya pompa

$$\begin{aligned} W_p &= \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550} \\ &= \frac{23,1866 \times 4,5453 \times 62,1581}{550} \\ &= 0,1634 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Untuk kapasitas (Q)} = 1698,8283 \text{ gpm}$$

$$\eta \text{ pompa} = 80\% \quad (\text{Peters \& Timmerhauss, Fig. 1437 hlm. 520})$$

$$\text{BHP} = \frac{W_p}{\eta \text{ pompa}} = \frac{0,16344}{0,80} = 0,20 \text{ Hp}$$

$$\eta \text{ motor} = 80\% \quad (\text{Peters \& Timmerhauss, Fig. 1438 hlm. 521})$$

$$\begin{aligned} \text{Daya motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{0,2043}{0,8} \\ &= 0,25537 \text{ Hp} \\ &\approx 1 \text{ Hp} \\ &= 0,745 \text{ kW} \end{aligned}$$

» Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump
- Merk : Showfou
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Suhu max : 70 °C
- Jumlah : 1 buah

16 Pompa ke Bak Air Sanitasi (L-230)

Fungsi : Memompakan air dari bak klorinasi menuju bak air sanitasi

Type : Centrifugal Pump

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 1547,2867 kg/jam
= 3411,1483 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³
- viskositas (μ) = 0,000538 lb/ft.detik
= 1,936967 lb/ft.jam

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{3411,1483 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 54,8786 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0152 \text{ ft}^3/\text{detik} \\ &= 5,6976 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Diasumsikan aliran turbulen ($N_{Re} > 2100$), maka:

$$\begin{aligned} \text{ID optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Pers. 15, Peters \& Timmerhauss, hlm. 496}) \\ &= 3,9 \times [0,0152]^{0,45} \times [62,1581]^{0,13} \\ &= 1,01535 \text{ in} \end{aligned}$$

Sehingga diambil:

$$\text{Standarisasi ID} = 1 \text{ in sch 40} \quad (\text{Geankoplis, App. A.5 hlm. 892})$$

Sehingga diperoleh:

$$\text{OD} = 1,32 \text{ in} = 0,10958 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,05 \text{ in} = 0,087 \text{ ft}$$

$$A = 0,00600 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Laju aliran fluida (V)} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,0152 \text{ ft}^3/\text{detik}}{0,00600 \text{ ft}^2} \\ &= 2,5407 \text{ ft/detik} \\ &= 9146,4257 \text{ ft/jam} \end{aligned}$$

Cek jenis aliran fluida:

$$\begin{aligned} N_{\text{Re}} &= \frac{D \times V \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,08742 \times 2,54067 \times 62,1581}{0,000538} \\ &= 25657,655 \end{aligned}$$

Karena $N_{\text{Re}} > 2100$, maka jenis aliran fluida adalah turbulen

Ditentukan bahan pipa adalah Carbon Steel

Sehingga diperoleh:

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,00015092 \text{ ft} \quad (\text{Geankoplis, Fig. 2.10-3 hlm. 88})$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,00015092}{0,0874} = 0,001726$$

$$f = 0,003 \quad (\text{Geankoplis, Fig. 2.10-3 hlm. 88})$$

Direncanakan:

a. Panjang pipa lurus = 80 ft

b. Elbow, 90° = 3 buah

$$L_e/D = 35 \quad (\text{Tabel 2.10-1, Geankoplis, hlm. 93})$$

$$\begin{aligned} L \text{ elbow} &= 35 \text{ ID} \\ &= 35 \times 3 \times 0,0874 \\ &= 9,1787 \text{ ft} \end{aligned}$$

c. Gate valve = 2 buah (wide open)

$$L_e/D = 9 \quad (\text{Tabel 2.10-1, Geankoplis, hlm. 93})$$

$$\begin{aligned} L \text{ elbow} &= 9 \text{ ID} \\ &= 9 \times 2 \times 0,0874 \\ &= 1,5735 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari Tabel 2.10.1 hlm. 93 diperoleh:

$$K_f = 2 \times 0,17 = 0,34$$

Jadi, total panjang pipa:

$$\begin{aligned} \Delta L &= 80 + 9,1787 + 1,5735 \\ &= 90,7521 \text{ ft} \end{aligned}$$

1. Friksi pada kontraksi

$$\begin{aligned}
 K_c &= 0,55 \times (1 - (A_2/A_1)) \\
 &\quad (A_2/A_1 = 0 \text{ karena nilai } A_1 > A_2) \\
 &= 0,55
 \end{aligned}$$

2. Friksi pada ekspansi

$$\begin{aligned}
 K_{ex} &= (1 - (A_2/A_1))^2 \\
 &= (1 - 0)^2 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Dari pers. 2.10.8, Geankoplis, hal 94:

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= \left[4 f \frac{\Delta L}{D} + K_{ex} + K_c + K_f \right] \frac{v^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \\
 &= \left[4 \times 0,004 \frac{90,752}{0,08742} + 1 + 0,55 + 0,34 \right] \times \frac{2,541^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \\
 &= 1,8559 \text{ lbf.ft/lbm}
 \end{aligned}$$

Menentukan tenaga penggerak pompa:

Dari Pers. 2.7-28, Geankoplis, hlm. 64

$$\left[\frac{\Delta V^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \right] + \left[\frac{\Delta Z}{gc} \right] + \left[\frac{\Delta P}{\rho} \right] + \Sigma F + W_s = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 40 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 2,5407 \text{ ft/detik}$$

$$\alpha = 1 \text{ (aliran turbulen)}$$

$$\begin{aligned}
 -W_s &= \left[\frac{\Delta v^2}{2 \cdot \alpha \cdot gc} \right] + \left[\frac{\Delta Z}{gc} \right] + \left[\frac{\Delta P}{\rho} \right] + \Sigma F \\
 &= \left[\frac{2,5407^2}{2 \times 1 \times 32,174} \right] + \left[\frac{40}{32,174} \right] + \left[\frac{0}{62,158} \right] + 1,86 \\
 &= 3,1994
 \end{aligned}$$

Menghitung daya pompa

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{(-W_s) \times Q \times \rho}{550} \\
 &= \frac{3,1994 \times 0,0152 \times 62,158}{550} \\
 &= 0,1189 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

$$\text{Untuk kapasitas (Q)} = 5,6976 \text{ gpm}$$

$$\eta \text{ pompa} = 80\% \quad (\text{Peters \& Timmerhauss, Fig.1437 hlm. 520})$$

$$\text{BHP} = \frac{W_p}{\eta \text{ pompa}} = \frac{0,11886}{0,80} = 0,1486 \text{ Hp}$$

$$\eta \text{ motor} = 80\% \quad (\text{Peters \& Timmerhauss, Fig. 1438 hlm. 521})$$

$$\text{Daya motor} = \frac{\text{BHP}}{\eta \text{ motor}}$$

$$= \frac{0,14857}{0,8}$$

$$= 0,1857 \text{ Hp}$$

» Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Suhu max : 70 °C
- Jumlah : 1 buah

17 Bak Klorinasi (F-231)

Fungsi : Menampung air yang akan dinetralkan dengan reaksi Klorinasi

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 1547,2867 kg/jam = 3411,1483 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{3411,1483 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 54,8786 \text{ ft}^3/\text{jam} = 1,5540 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 37295,707 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan klorin/clorine demand

$$A = \frac{B \times C}{1 \times 10^6}$$

A = jumlah residu klorin yang diberikan (kg/hari)

B = dosis, residu klorin yang dikehendaki (ppm)

C = jumlah air yang harus diklorinasi per hari (L)

Asumsi: residu klorin yang dikehendaki adalah = 5 ppm

$$A = \frac{5 \times 37295,7071}{1000000} = 0,18648 \text{ kg/hari}$$

Waktu tinggal = 12 jam

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 1,5540 \text{ m}^3/\text{jam} \times 12 \text{ jam} \\ &= 18,6480 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan volume liquid 80% volume bak, sehingga:

$$\text{Volume bak} = \frac{18,6480 \text{ m}^3}{0,8} = 23,3099 \text{ m}^3$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan rasio:

Panjang : Lebar : Tinggi = 5 : 3 : 2

$$\text{Volume bak} = 5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 30 \text{ m}^3$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 30 \text{ m}^3 \\ 23,3099 \text{ m}^3 &= 30 \text{ m}^3 \\ x &= 0,9193 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi dimensi bak klorinasi:

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 5 \times 0,9193 \text{ m} = 4,5967 \approx 5 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 3 \times 0,9193 \text{ m} = 2,7580 \approx 3 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 2 \times 0,9193 \text{ m} = 1,8387 \approx 2 \text{ m} \end{aligned}$$

» Spesifikasi Bak Klorinasi

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 5 m
- Lebar : 3 m
- Tinggi : 2 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

18 Bak Air Sanitasi (F-232)

Fungsi : Tempat penampung air sanitasi

Dasar Perencanaan:

- rate aliran = 1547,2867 kg/jam = 3411,1483 lb/jam
- densitas (ρ) air = 62,1581 lb/ft³

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate liquid}}{\rho \text{ liquid}} \\ &= \frac{3411,1483 \text{ lb/jam}}{62,1581 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 54,8786 \text{ ft}^3/\text{jam} = 1,5540 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Waktu tinggal 12 jam

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 1,5540 \text{ m}^3/\text{jam} \times 12 \text{ jam} \\ &= 18,648 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan volume liquid 80% volume bak, sehingga:

$$\text{Volume bak} = \frac{18,648 \text{ m}^3}{0,8} = 23,3099 \text{ m}^3$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio :

Panjang : Lebar : Tinggi = 5 : 3 : 2

$$\text{Volume bak} = 5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 30 \text{ m}^3$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 30 \text{ m}^3 \\ 23,3099 \text{ m}^3 &= 30 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$x = 0,9193 \text{ m}$$

Jadi dimensi bak air sanitasi:

$$\text{Panjang} = 5 \times 0,9193 \text{ m} = 4,5967 \approx 5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3 \times 0,9193 \text{ m} = 2,7580 \approx 3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 2 \times 0,9193 \text{ m} = 1,8387 \approx 2 \text{ m}$$

» Spesifikasi Bak Air Sanitasi

- Bentuk : Persegi Panjang
- Panjang : 5 m
- Lebar : 3 m
- Tinggi : 2 m
- Bahan : Beton Bertulang
- Jumlah : 1 buah

C. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pra rencana Pabrik Dekstrin Bubuk Pati ketela ini direncanakan dan disediakan oleh PLN dan Generator set. Tenaga listrik yang dipergunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi, dan lainnya.

Perincian kebutuhan listrik terbagi menjadi:

- a. Peralatan proses produksi
- b. Daerah pengolahan air
- c. Listrik untuk penerangan

a. Peralatan proses produksi
Pemakaian listrik untuk peralatan proses produksi, yaitu :

Tabel D.2.1. Pemakaian listrik pada peralatan proses produksi

No.	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Daya (Hp)
1	J-113	Belt Conveyor	1	1,0
2	L-121	Pompa reaktor Liquifikasi	1	4,0
3	L-123	Pengaduk Reaktor Liquifikasi	1	36,0
4	R-122	Cyclone	1	1,0
5	L-131	Pompa Evaporator	1	1,0
Jumlah			5	43

B Daerah Pengolahan Air

Pemakaian listrik untuk daerah pengolahan air (water treatment), ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

No.	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Daya (Hp)
1	L-211	Pompa air sungai	1	1
2	L-213	Pompa ke bak skimming	1	1
3	L-215	Pompa ke tangki clarifier	1	1
3	H-216	Tangki clarifier	1	2
4	L-219	Pompa air bersih	1	1

3	L-222	Pompa air lunak	1	1
4	L-225	Pompa ke boiler	1	1
5	L-242	Pompa ke bak air sanitasi	1	1
Jumlah			8	9

Jadi, kebutuhan total untuk motor penggerak sebesar:

$$= [43 + 9] \text{Hp} = 52,0000 \text{ Hp}$$

$$= 52,0000 \text{ Hp} \times 0,7457 \text{ kWh/HP} = 38,7764 \text{ kWh}$$

C. Listrik Untuk Penerangan

Pemakaian listrik untuk penerangan dapat diperoleh dengan mengetahui lu bangunan dan areal lahan yang dipergunakan, dengan menggunakan rumus :

$$L = \frac{A \times F}{U \times D} \quad (\text{Perry 3}^{\text{th}} \text{ Edition, hlm. 1758})$$

dimana:

L = lumen outlet

F = foot candle

U = koefisien utilitas = 0,8 (Perry 3th Edition, hlm. 1757)

A = luas daerah

D = efisiensi penerangan rata-rata = 0,75 (Perry 3th Edition, hlm. 175)

No	Lokasi	Luas		F	Lumen
		m ²	ft ²		
1	Pos keamanan/ penjagaan	20	215,27	5	1793,9414
2	Taman	450	4843,64	5	40363,6824
3	Koperasi	150	1614,55	5	13454,5608
4	Parkir karyawan	250	2690,91	5	22424,2680
5	parkir truk	250	2690,91	5	22424,2680
6	Ruang serba guna	150	1614,55	5	13454,5608
7	Perpustakaan	80	861,09	5	7175,7658
8	Area perkantoran dan TU	1200	12916,38	5	107636,4864
9	Toilet	50	538,18	5	4484,8536
10	Mushola	60	645,82	5	5381,8243
11	Poliklinik	80	861,09	10	14351,5315
12	Kantin	70	753,46	5	6278,7950
13	Pemeriksaan Bahab Baku	50	538,18	5	4484,8536
14	Gudang Bahan Baku	260	2798,55	5	23321,2387
15	PMK	60	645,82	10	10763,6486
16	Listrik/R.Genset	80	861,09	5	7175,7658
17	Ruang Bahan Bakar	120	1291,64	10	21527,2973
18	Ruang Boiler	400	4305,46	10	71757,6576
19	Unit Pengolahan Air	700	7534,55	10	125575,9008
20	Ruang Proses	30000	322909,46	10	5381824,3200

21	Area perluasan pabrik	15000	161454,73	5	1345456,0800
22	Bengkel dan Garasi	500	5381,82	10	89697,0720
23	Litbang/R&D	80	861,09	5	7175,7658
24	Laboratorium	250	2690,91	10	44848,5360
25	Gudang Produk	250	2690,91	5	22424,2680
26	Pos Penimbangan	40	430,55	5	3587,8829
27	Pengolahan Limbah	900	9687,28	5	80727,3648
Total		51500	554327,905	175	7499572,1899

Penerangan seluruh area kecuali jalan dan taman, menggunakan Fluorescent Lamp type day light 40 watt, yang mempunyai lumen output sebesar 1960 lumen.

$$\text{Lumen output} = \frac{1960 \text{ lumen}}{40 \text{ watt}} = 49 \text{ lumen/watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Total lumen} &= \text{jumlah lumen} - (\text{lumen jalan} + \text{lumen taman}) \\ &= 7499572,1899 - 5381824,320 + 40363,6824 \\ &= 2077384,1875 \text{ lumen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tenaga listrik yang dibutuhkan} &= \frac{2077384,1875 \text{ lumen}}{49 \text{ lumen/watt}} \\ &= 42395,5957 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} &= \frac{42395,5957 \text{ watt}}{40 \text{ watt}} \\ &= 1059,8899 \approx 1060 \text{ buah} \end{aligned}$$

Untuk penerangan jalan dan taman, menggunakan Mercury Vapor Light 100 watt dengan lumen output sebesar 3000 lumen.

$$\text{Lumen output} = \frac{3000 \text{ lumen}}{100 \text{ watt}} = 30 \text{ lumen/watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Total lumen} &= \text{lumen jalan} + \text{lumen taman} \\ &= 5381824,3200 + 40363,6824 \\ &= 5422188,0 \text{ lumen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tenaga listrik yang dibutuhkan} &= \frac{5422188,0 \text{ lumen}}{30 \text{ lumen/watt}} \\ &= 180739,60 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} &= \frac{180739,60 \text{ watt}}{100 \text{ watt}} \\ &= 1807,3960 \approx 1807 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan:

- Lampu Fluorescent	=	42395,5957
- Lampu Mercury	=	180739,60
- Peralatan bengkel	=	2000
- Peralatan laboratorium	=	1500
- Keperluan lain-lain	=	<u>1250 +</u>

$$\text{Total} = 227885,1957 \text{ Watt} = 227,885 \text{ kWatt}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan listrik} &= \text{Listrik untuk penerangan} + \text{Listrik untuk proses} \\ &= 227,8852 + [38,7764] \text{ kWh} \\ &= 266,6616 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Generator digunakan sebagai emergensi jika *supply* listrik mati.

Power faktor untuk generator = 0,75

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Power yang dibangkitkan oleh generator} &= \frac{266,6616 \text{ kW}}{0,75} \\ &= 355,5488 \text{ kW} \approx 356 \text{ kW} \\ &= 356 \text{ kV.A} \end{aligned}$$

» Spesifikasi Generator

- Tipe : AC Generator 3 Phase
- Kapasitas : 356 kV.A, 380/220 Volt
- Frekwensi : 50/60 Hz
- Jumlah : 2 buah (1 cadangan)

D. Unit Penyediaan Bahan Bakar

a. Kebutuhan bahan bakar boiler

Untuk kebutuhan bahan bakar boiler sebesar 2955,3569 kg/jam

Bahan bakar yang digunakan adalah Diesell Oil, dengan densitas :

$$\rho = 880,986705 \text{ kg/m}^3$$

Jadi,

$$\begin{aligned} \text{Volume Diesell Oil} &= \frac{2955,3569 \text{ kg/jam}}{880,986705 \text{ kg/m}^3} \\ &= 3,3546 \text{ m}^3/\text{jam} = 80510,3698 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan bahan bakar Generator

Tenaga Generator = 356 kW

$$= 29116494,5706 \text{ Btu/hari}$$

Bahan bakar yang digunakan adalah Diesell Oil,

- Heating Value (H_v) = 19000 Btu/lb
- Densitas (ρ) = 55 lb/ft³ = 880,986705 kg/m³
- Efisiensi (η) = 80,5% (Fig. 9.9, Perry 6th Edition, hlm. 9-18)

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{29116494,5706 \text{ Btu/hari}}{19000 \text{ Btu/lb} \times 80,5\% \times 55 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 34,6120177 \text{ ft}^3/\text{hari} \\ &= 980,1085 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan total bahan bakar per hari, sebesar :

$$= 80510,3698 + 980,109 \text{ L/hari}$$

$$= 81490,478 \text{ L/hari}$$

$$= 3395,4366 \text{ L/jam} = 5534,5617 \text{ lb/jam}$$

Tangki Bahan Bakar

Fungsi : Untuk menyimpan bahan bakar yang akan digunakan

Dasar Perencanaan:

- Volume bahan bakar = 81490,478 L/hari = 2877,7935 ft³/hari
- P = 14,7 psi dan T = 30 °C
- Waktu penyimpanan 30 hari
- Volume bahan bakar dianggap menempati 80% volume tangki
- Direncanakan menggunakan 3 buah tangki

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan bakar} &= 2877,7935 \text{ ft}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} \\ &= 86333,8048 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Karena menggunakan 1 buah tangki, maka :

$$V \text{ bahan bakar tiap tangki} = \frac{86333,805 \text{ ft}^3}{1} = 86333,805 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{86333,8048 \text{ ft}^3}{0,8} \\ &= 107917,26 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Menghitung diameter tangki

$$\text{Volume tangki} = \pi/4 \times D^2 \times H$$

Dianggap H = 1,5 D, maka :

$$\begin{aligned} 107917,256 \text{ ft}^3 &= 0,7850 D^2 \times 1,5 D \\ D^3 &= 91649,4743 \text{ ft}^3 \\ D &= 45,0862 \text{ ft} = 541,0395 \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung tinggi tangki

$$\begin{aligned} H &= 1,5 D \\ &= 1,5 \times 541,039514 \text{ in} \\ &= 811,559272 \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung tebal tangki

Bahan : HAS SA 240 Grade A Type 410

- F allowable (f) = 16250 psi (Brownell & Young, hlm. 342)
- faktor korosi (C) = 1/16 in
- tipe pengelasan = Double welded butt joint (E = 0,8)
(Brownell & Young, hlm. 254)

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P_i \times D}{2 (f \times E - 0,6 P_i)} + C \\ &= \frac{14,7 \times 541,0395}{2 [16250 \times 0,8 - 0,6 \times 14,7]} + \frac{1}{16} \\ &= (0,3061 \times (16/16)) + (1/16) \\ &= 5,89765 / 16 \approx 6/16 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Standarisasi : } d_o = d_i + 2 t_s$$

$$= 541,0395 + 2 \left[6/16 \right]$$

$$= 541,7767$$

Dengan pendekatan ke atas maka didapatkan harga do = 240 in
(Brownell & Young, Tabel 5.7 hlm. 89-91)

Maka, harga di baru:

$$di = do - 2 ts$$

$$= 240 - 2 \left[6/16 \right]$$

$$= 239,2628 \text{ in} = 19,9384 \text{ ft}$$

Menentukan tebal tutup atas (standard dished)

$$tha = \frac{0,885 \times P_i \times D}{(f \times E - 0,1 Pi)} + C$$

$$= \frac{0,885 \times 14,7 \times 239,26}{(16250 \times 0,8 - 0,1 \times 14,7)} + \frac{1}{16}$$

$$= (0,23946 \times (16/16)) + (1/16)$$

$$= 4,83144 / 16 \approx 1/4 \text{ in}$$

Menentukan tebal tutup bawah (conical), dengan $\alpha = 60^\circ$

$$thb = \frac{P_i \times D}{2 (f \times E - 0,6 Pi) \cos 60^\circ} + C$$

$$= \frac{14,7 \times 239,26}{2 (16250 \times 0,8 - 0,6 \times 14,7) \times 0,5} + \frac{1}{16}$$

$$= (0,27073 \times (16/16)) + (1/16)$$

$$= 5,33176 / 16 \approx 1/3 \text{ in}$$

» Spesifikasi Tangki Bahan Bakar

- Tipe : Persegi Panjang
- Bahan konstruksi : HAS SA 240 Grade A Type 410
- Dimensi :

Di = 239,2628 in	ts = 7/19 in
H = 811,5593 in	tha = 16/53 in
	thb = 1/3 in
- Jumlah : 1 buah

APPENDIX E

ANALISA EKONOMI

E.1. Metode Penafsiran Harga

Harga peralatan setiap tahunnya mengalami perubahan sesuai dengan perekonomian yang ada. Untuk menafsirkan harga peralatan diperlukan indeks yang dapat digunakan untuk mengkonversi harga peralatan pada masa lalu, sehingga dapat ditafsirkan harga peralatan pada saat ini. Maka untuk menafsirkan harga saat ini digunakan persamaan pada "Ulrich" 1984, halaman 269 :

$$C_A = C_B \times \frac{I_A}{I_B}$$

Dimana : C_A = Tafsiran harga alat saat ini

C_B = Harga alat pada tahun ke B

I_A = Indeks harga saat ini

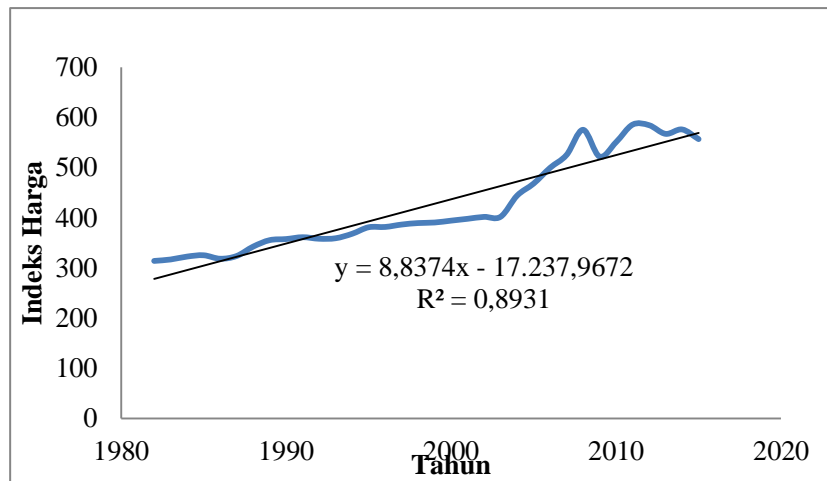
I_B = Indeks harga pada tahun ke B

Tabel E.1.1. Indeks Harga Tahun 1982 - 2015

Tahun (x)	Indeks (y)	Tahun (x)	Indeks (y)	Tahun (x)	Indeks (y)
1982	314,0	1993	359,2	2004	444,2
1983	316,9	1994	368,1	2005	468,2
1984	322,7	1995	381,1	2006	499,6
1985	325,3	1996	381,7	2007	525,4
1986	318,4	1997	386,5	2008	575,4
1987	323,8	1998	389,5	2009	521,9
1988	342,5	1999	390,6	2010	550,8
1989	355,4	2000	394,3	2011	585,7
1990	357,6	2001	398,0	2012	584,6
1991	361,3	2002	401,8	2013	567,3
1992	358,2	2003	402,0	2014	573,6

(Peters & Timmerhauss, hlm. 163)

Kenaikan harga indeks pada tahun 1982 - 2014 diatas merupakan fungsi linier tahun dan indeks harga tahun ke A maka persamaan dapat dilihat pada grafik dibawah :



Dari grafik diatas maka persamaan linier kenaikan indeks pertahun saat ini adalah :

$$y = 8,8374 x - 17237,9672$$

Indeks harga pada tahun 2022 (x = 2024)

$$y = 648,9304$$

E.2. Harga Peralatan

Setelah didapatkan harga indeks pada saat ini maka dengan menggunakan metode penaksiran harga didapatkan harga peralatan proses seperti pada tabel E.2.1 dan peralatan Utilitas pada tabel E.2.2.

Cara menghitung harga alat dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Harga alat saat ini} = \text{Harga alat tahun ke B } (C_{BM}) \times \frac{648,9304}{\text{Indeks harga tahun B}}$$

Tabel E.2.1. Daftar Harga Peralatan Pabrik Dekstrin

No	Nama Peralatan	Kode	C _{BM}	Harga	
				(\$)	(Rp)
1	Reaktor Liquifikasi	R-110	462500	955829	12.760.317.320
2	Gudang Penyimpanan	F-111	21000	43400	579.387.381
3	Screw Conveyor	J-112	34868	72059	961.994.121
4	Bucket Conveyor	J-113	15455	31940	426.400.868
5	Bin Penampung	F-114	12970	26805	357.840.682
6	Bin Penampung Enzim	F-115A	7850	16223	216.580.521
7	Bin Penampung NaOH	F-115B	7850	16223	216.580.521
8	Evaporator	V-120	327000	675797	9.021.889.219
9	Pompa Reaktor	L-121	12970	26805	357.840.682
10	Cyclone	R-122	5470	11305	150.916.618
11	Filter Udara	H-123	75600	156239	2.085.794.572
12	Blower Udara	G-124	111450	230329	3.074.891.601
13	Heater	E-125	25800	53320	711.818.782
14	Screw Conveyor	J-126	34868	72059	961.994.121
15	Bin Produk	F-127	8950	18497	246.929.384

16	Mesin Pengemas	P-128	9500	19633	262.103.815
17	Dekanter II	J-129	2896	5984	79.887.269
18	Spray Drayer	B-130	462353	955524	12.756.251.858
19	Pompa Evaporator	L-131	12970	26805	357.840.682
Total					45.587.260.019

Keterangan : 1 \$ = Rp. 13.350,00

Tabel E.2.2. Daftar Harga Peralatan Utilitas pada Pabrik Dekstrin

No	Nama Peralatan	Kode	C _{BM}	Harga	
				(\$)	(Rp)
1	Pompa Air Sungai	L-211	15250	31517	420.745.598
2	Filter Sungai	H-234	25000	51666	689.746.882
3	Bak Sedimentasi	F-212	30560	63157	843.146.589
4	Pompa ke Bak Skimmer	L-213	15250	31517	420.745.598
5	Bak Skimmer	F-214	30560	63157	843.146.589
6	Pompa ke Clarifier	L-215	15250	31517	420.745.598
7	Tangki Clarifier	H-216	98540	203648	2.718.706.311
8	Sand filter	H-217	25000	51666	689.746.882
9	Kation Exchange	D-210A	160785	332287	4.436.038.098
10	Anion Exchange	D-210B	160875	332473	4.438.521.187
11	Bak Air Bersih	F-218	30000	62000	827.696.259
12	Pompa air bersih	L-219	15250	31517	420.745.598
13	Bak Klorinasi	F-231	30000	62000	827.696.259
14	Bak Sanitasi	F-232	30000	62000	827.696.259
15	Bak Air Lunak	F-321	30560	63157	843.146.589
16	Deaerator	D-223	85600	176906	2.361.693.325
17	Pompa ke boiler	L-225	15250	31517	420.745.598
18	Bak Air Umpan Boiler	F-224	30560	63157	843.146.589
19	Pompa Air Lunak	L-222	15250	31517	420.745.598
20	Boiler	Q-220	110700	228779	3.054.199.194
Total					26.768.800.598

Harga peralatan total = Harga peralatan proses + harga peralatan Utilitas
= Rp45.587.260.019 + Rp26.768.800.598
= Rp72.356.060.617

Dengan Faktor keamanan (*safety factor*) sebesar 20%, maka :

Harga peralatan total = 1,2 × Rp72.356.060.617
= **Rp86.827.272.740**

E.3. Biaya Bahan Baku

1. Bubuk Pati ketela

Kebutuhan per jam = 3403,04 kg/jam

Harga per kg = Rp1.602

Biaya per tahun :

$$= 3403,0396 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp1.602}$$

$$= \text{Rp43.177.221.589,6}$$

2. Enzim alpha-amilase

$$\text{Kebutuhan per jam} = 4,5941 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga per kg} = \text{Rp13.350}$$

Biaya per tahun :

$$= 4,5941 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp13.350}$$

$$= \text{Rp485.743.742,883}$$

3. NaOH

$$\text{Kebutuhan per jam} = 0,8000 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga per kg} = \text{Rp2.003}$$

Biaya per tahun :

$$= 0,8000 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp2.003}$$

$$= \text{Rp12.687.840,000}$$

$$\text{Total bahan baku per tahun} = \text{Rp43.675.653.172,441}$$

E.4. Biaya Utilitas

1. Listrik

$$\text{Kebutuhan Listrik per jam} = 266,6616 \text{ kW.h}$$

$$\text{Harga listrik per KW} = \text{Rp1.525,00}$$

Biaya Listrik per tahun

$$= 266,6616 \text{ kW.h} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp1.525,00}$$

$$= \text{Rp3.220.738.753}$$

2. Bahan Bakar

$$\text{Kebutuhan bahan bakar per jam} = 3395,4366 \text{ Liter}$$

$$\text{Harga bahan bakar per Liter} = \text{Rp12.400,00}$$

Biaya bahan bakar per tahun

$$= 3395,4366 \text{ L/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp12.400,00}$$

$$= \text{Rp333.459.037.371,67}$$

3. Resin Kation

$$\text{Kebutuhan per jam} = 21,83776 \text{ L}$$

$$\text{Harga per liter} = \text{Rp 18.156} \quad (\text{Alibaba, 2015})$$

Biaya per tahun

$$= 21,8378 \text{ L/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp 18.156}$$

/L

$$= \text{Rp 3.140.171.873}$$

4. Resin Anion

$$\text{Kebutuhan per jam} = 39,87765 \text{ L}$$

$$\text{Harga per liter} = \text{Rp 14.018} \quad (\text{Alibaba, 2015})$$

Biaya per tahun

$$= 39,878 \text{ L/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp 14.018}$$

/L

$$= \text{Rp 4.427.160.474}$$

5. Klorin (Cl₂)

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan per jam} &= 0,0078 \text{ L/jam} \\
 \text{Harga per kg} &= \text{Rp}4.139 \quad (\text{Alibaba, 2015}) \\
 \text{Biaya per tahun} \\
 &= 0,0078 \text{ L/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \\
 &\quad \text{Rp } 4.139 / \text{L} \\
 &= \text{Rp } 254.675
 \end{aligned}$$

6. Alum

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan per jam} &= 1,1461 \text{ kg/jam} \\
 \text{Harga per liter} &= \text{Rp}2.804 \quad (\text{Alibaba, 2015}) \\
 \text{Biaya per tahun} \\
 &= 1,146 \text{ L/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp } 2.804 \\
 &\quad / \text{L} \\
 &= \text{Rp } 25.446.808
 \end{aligned}$$

7. Air Proses

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan per jam} &= 12566,2541 \text{ kg/jam} \\
 \text{Harga per liter} &= \text{Rp}1.068 \quad (\text{Alibaba, 2015}) \\
 \text{Biaya per tahun} \\
 &= 12566,2541 \text{ L/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \\
 &\quad \text{Rp } 1.068 / \text{L} \\
 &= \text{Rp}106.292.414.236
 \end{aligned}$$

8. Air Sanitasi

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan per jam} &= 1547,2867 \text{ kg/jam} \\
 \text{Harga per liter} &= \text{Rp } 801 \quad (\text{Alibaba, 2015}) \\
 \text{Biaya per tahun} \\
 &= 1547,2867 \text{ L/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \\
 &\quad \text{Rp } 801 / \text{L} \\
 &= \text{Rp } 9.815.863.169
 \end{aligned}$$

Total biaya utilitas :

$$\begin{aligned}
 &= \text{biaya listrik} + \text{biaya bahan bakar} + \text{air pendingin} + \text{resin kation} + \\
 &\quad \text{resin anion} + \text{klorin} + \text{alum} + \text{air proses} + \text{air sanitasi} \\
 &= \text{Rp } \quad \quad \quad \mathbf{460.381.087.360}
 \end{aligned}$$

E.5. Gaji Pegawai

Tabel E.5.1. Daftar Gaji Pegawai

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Per orang	Total
1	Direktur utama	1	70.000.000	70.000.000
2	Direktur Produksi	1	35.000.000	35.000.000
3	Direktur Administrasi dan Keuangan	1	30.000.000	30.000.000
4	Sekretaris	2	4.000.000	8.000.000
5	Kepala litbang (R&D)	1	10.000.000	10.000.000

6	Staff litbang (R&D)	2	4.200.000	8.400.000
7	Staff litbang (R&D)	3	3.900.000	11.700.000
8	Staff litbang (R&D)	4	3.600.000	14.400.000
9	Kepala Dept. QC	1	10.000.000	10.000.000
10	Kepala Dept. Produksi	1	11.000.000	11.000.000
11	Kepala Dept. Teknik	1	9.000.000	9.000.000
12	Kepala Dept. Pemasaran	1	9.500.000	9.500.000
13	Kepala Dept. Administrasi	1	10.500.000	10.500.000
14	Kepala Dept. SDM	1	10.000.000	10.000.000
15	Kepala Dept. Umum	1	9.000.000	9.000.000
16	Kepala Divisi Produksi	1	7.800.000	7.800.000
17	Karyawan Divisi Produksi	4	4.300.000	17.200.000
18	Karyawan Divisi Produksi	48	4.000.000	192.000.000
19	Kepala Divisi Bahan baku	1	6.000.000	6.000.000
20	Karyawan Divisi Bahan Baku	2	3.800.000	7.600.000
21	Karyawan Divisi Bahan Baku	8	3.500.000	28.000.000
22	Kepala Divisi Utilitas	1	6.500.000	6.500.000
23	Karyawan Divisi Utilitas	3	3.800.000	11.400.000
24	Karyawan Divisi Utilitas	5	3.500.000	17.500.000
25	Kepala Divisi Bengkel	1	6.000.000	6.000.000
26	Karyawan Divisi Bengkel	8	3.800.000	30.400.000
27	Kepala Divisi Jaminan Mutu	1	6.000.000	6.000.000
28	Karyawan Divisi Jaminan Mutu	5	3.500.000	17.500.000
29	Karyawan Divisi Jaminan Mutu	5	3.400.000	17.000.000
30	Kepala Divisi Pengendalian Proses	1	6.000.000	6.000.000
31	Karyawan Pengendalian Proses	5	3.800.000	19.000.000
32	Kepala Divisi Kesehatan	1	6.000.000	6.000.000
33	Karyawan Kesehatan	3	3.800.000	11.400.000
34	Kepala Divisi Ketenagakerjaan	1	6.000.000	6.000.000
35	Karyawan Ketenagakerjaan	3	3.800.000	11.400.000
36	Kepala Divisi Pembelian	1	6.000.000	6.000.000
37	Karyawan Divisi Pembelian	2	3.900.000	7.800.000
38	Kepala Divisi Penjualan	1	6.500.000	6.500.000
39	Karyawan Divisi Penjualan	2	3.800.000	7.600.000
40	Kepala Divisi Promosi	1	7.500.000	7.500.000
41	Karyawan Divisi Promosi	3	4.000.000	12.000.000
42	Kepala Divisi Research Marketing	1	7.500.000	7.500.000
43	Karyawan Research Marketing	3	4.000.000	12.000.000
44	Kepala Divisi Keuangan	1	7.000.000	7.000.000
45	Karyawan Divisi Keuangan	3	3.900.000	11.700.000
46	Kepala Divisi Akuntansi	1	7.000.000	7.000.000
47	Karyawan Divisi Akuntansi	3	4.000.000	12.000.000
48	Kepala Divisi Humas	1	6.500.000	6.500.000
49	Karyawan Divisi Humas	3	4.000.000	12.000.000

50	Kepala Divisi Personalia	1	6.700.000	6.700.000
51	Karyawan Divisi Personalia	3	4.500.000	13.500.000
52	Kepala Divisi Administrasi	1	6.000.000	6.000.000
53	Karyawan Divisi Administrasi	3	3.800.000	11.400.000
54	Kepala Divisi Transportasi	1	5.000.000	5.000.000
55	Karyawan Divisi Transportasi	2	3.800.000	7.600.000
56	Karyawan Divisi Transportasi	3	3.500.000	10.500.000
57	Kepala Divisi Keamanan	1	5.500.000	5.500.000
58	Karyawan Keamanan	10	3.500.000	35.000.000
59	Kepala Divisi Kebersihan	1	4.500.000	4.500.000
60	Staff Kebersihan	6	3.300.000	19.800.000
Jumlah		187	Total	935.800.000

Total gaji pegawai pertahun = Rp935.800.000 × 12 bulan
= **Rp11.229.600.000,00**

E.6. Perhitungan Harga Produk

* Produk utama

- Dekstrin

Produksi per jam = 3264,5753 kg

Harga Dekstrin per kg = Rp40.050

Penjualan per tahun

= 3264,5753 kg/jam × 24 jam/hari × 330 hari/tahun × Rp40.050

= Rp1.035.510.229.117

Total penjualan produk = Produk utama

Total penjualan produk = **Rp 1.035.510.229.117**

E.7. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

a. Biaya Langsung (DC)

1.	Harga peralatan	(E) =	Rp.	86.827.272.740
2.	Instrument dan alat kontrol	26% E =	Rp.	22.575.090.912
3.	Isolasi	39% E =	Rp.	33.862.636.369
4.	Perpipaan terpasang	31% E =	Rp.	26.916.454.549
5.	Listrik terpasang	10% E =	Rp.	8.682.727.274
6.	Harga FOB (jumlah 1-5)	(F) =	Rp.	178.864.181.845
7.	Ongkos angkutan kapal laut	10% F =	Rp.	17.886.418.184
8.	Harga C dan F (jumlah 6-7)	(G) =	Rp.	196.750.600.029
9.	Biaya asuransi	1% G =	Rp.	1.967.506.000
10.	Harga CIF (jumlah 8-9)	(H) =	Rp.	198.718.106.030
11.	Biaya angkut barang ke plant	15% H =	Rp.	29.807.715.904
12.	Pemasangan alat	35% E =	Rp.	30.389.545.459
13.	Bangunan pabrik	20% E =	Rp.	17.365.454.548
14.	Service facilities	70% E =	Rp.	60.779.090.918
15.	Tanah	6% E =	Rp.	5.209.636.364
16.	Biaya langsung (DC) (jumlah 10-15)	=	Rp.	342.269.549.224

- b. Biaya Tak Langsung (IC)
- | | | |
|-------------------------------|--------------|-----------------|
| 17. Engineering dan Supervisi | 33% DC = Rp. | 112.948.951.244 |
| 18. Konstruksi | 20% DC = Rp. | 68.453.909.845 |
| Total Modal Tak Langsung (IC) | = Rp. | 181.402.861.089 |
- c. Fixed Capital Investment (FCI)
- $$\begin{aligned} \text{FCI} &= \text{DC} + \text{IC} \\ &= \text{Rp}342.269.549.224 + \text{Rp}181.402.861.089 \\ &= \text{Rp}523.672.410.312 \end{aligned}$$
- d. Working Capital Investment (WCI)
- $$\begin{aligned} \text{WC} &= 15\% \times \text{FCI} \\ &= 15\% \times \text{Rp}523.672.410.312 \\ &= \text{Rp}78.550.861.547 \end{aligned}$$
- e. Total Capital Investment (TCI)
- $$\begin{aligned} \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WC} \\ &= \text{Rp}523.672.410.312 + \text{Rp}78.550.861.547 \\ &= \text{Rp}602.223.271.859 \end{aligned}$$
- f. Modal Perusahaan
- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| Modal sendiri (MS) 60% TCI | = Rp361.333.963.116 |
| Modal pinjaman (MP) 40% TCI | = Rp240.889.308.744 |

E.8. Penentuan Total Production Cost (TPC)

- a. Biaya Produksi Langsung (Direct Production Cost/DPC)
- | | | |
|-----------------------------------|--------------|-----------------|
| - Bahan Baku | = Rp. | 43.675.653.172 |
| - Tenaga Kerja | (TK) = Rp. | 11.229.600.000 |
| - Supervisi | 20% TK = Rp. | 2.245.920.000 |
| - Utilitas | = Rp. | 460.381.087.360 |
| - Pemeliharaan dan perbaikan (PP) | 5% FCI = Rp. | 26.183.620.516 |
| - Penyediaan operasi | 15% PP = Rp. | 3.927.543.077 |
| - Laboratorium | 15% PP = Rp. | 3.927.543.077 |
| - Patent dan Royalti | 5% TPC = Rp. | 0,05 TPC |
| Biaya Produksi Langsung | = Rp. | 551.570.967.202 |
| | | + 0,05 TPC |
- b. Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)
- | | | |
|-----------------------------|---------------|-----------------|
| - Depresiasi alat | 10% FCI = Rp. | 52.367.241.031 |
| - Depresiasi bangunan | 3% FCI = Rp. | 15.710.172.309 |
| - Pajak kekayaan | 3% FCI = Rp. | 15.710.172.309 |
| - Asuransi | 1% FCI = Rp. | 5.236.724.103 |
| - Bunga bank | 12% MP = Rp. | 28.906.717.049 |
| Biaya Tetap (Fixed Cost/FC) | = Rp. | 117.931.026.802 |
- c. Biaya Overhead Pabrik
- | | | |
|----------------|-------------------|----------------|
| Biaya Overhead | 60% TK + PP = Rp. | 22.447.932.309 |
|----------------|-------------------|----------------|
- d. Biaya pengeluaran Pengeluaran Umum (General Expences/GE)
- | | | |
|----------------------------------|---------------|---------------|
| - Biaya Administrasi | 15% PP = Rp. | 5.948.871.077 |
| - Biaya distribusi dan pemasaran | 10% TPC = Rp. | 0,1 TPC |

- Biaya LITBANG	3%	TPC = Rp.	0,05 TPC
Biaya Pengeluaran Umum (GE)		= Rp.	5.948.871.077
			+ 0,15 TPC

e. Biaya Produksi Total (TPC)

$$\text{TPC} = \text{DPC} + \text{FC} + \text{Biaya Overhead} + \text{GE}$$

$$= \text{Rp}697.898.797.391 + 0,20 \text{ TPC}$$

$$\text{TPC} = \text{Rp}872.373.496.739$$

$$\text{Maka, DPC} = \text{Rp}551.570.967.202 + 0,05 \text{ TPC}$$

$$= \text{Rp}595.189.642.039$$

$$\text{GE} = \text{Rp}5.948.871.077 + 0,15 \text{ TPC}$$

$$= \text{Rp}136.804.895.588$$

ANALISA PROFITABILITAS

Sesuai dengan Undang-Undang Pajak Penghasilan tahun 1984 (UU no. 7/1983) dan Undang-undang ketentuan umum dan tata cara perpajakan (UU no.6/1983) :

- 15% untuk laba sampai Rp. 25.000.000,-
- 25% untuk laba sampai Rp. 50.000.000,-
- 40% untuk laba > Rp. 50.000.000,-

Asumsi yang diambil adalah :

- a. Bunga kredit sebesar 12,0% per tahun
- b. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- c. Umur pabrik 10 tahun
- d. Kapasitas produksi :
 - Tahun I : 60% produksi total
 - Tahun II : 80% produksi total
 - Tahun III : 100% produksi total

1. Laba Perusahaan

Labanya Perusahaan, yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

$$\text{Total penjualan per tahun} = \text{Rp}1.035.510.229.117 \quad (\text{kapasitas } 100\%)$$

$$\text{Laba kotor} = \text{Harga jual} - \text{Biaya produksi}$$

$$= \text{Rp}1.035.510.229.117 - \text{Rp}872.373.496.739$$

$$= \text{Rp}163.136.732.378$$

$$\text{Pajak penghasilan} = 40\% \times \text{Laba kotor}$$

$$= 40\% \times \text{Rp}163.136.732.378$$

$$= \text{Rp}65.254.692.951$$

$$\text{Laba Bersih} = \text{Laba kotor} - \text{Pajak penghasilan}$$

$$= \text{Rp}163.136.732.378 - \text{Rp}65.254.692.951$$

$$= \text{Rp}97.882.039.427$$

Nilai penerimaan Cash Flow sebelum pajak (C_{Abt}) :

$$C_{Abt} = \text{Laba kotor} + \text{Depresiasi alat}$$

$$= \text{Rp}163.136.732.378 + \text{Rp}52.367.241.031$$

$$= \text{Rp}215.503.973.409$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (C_{Aat}) :

$$\begin{aligned} C_{Aat} &= \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp}97.882.039.427 + \text{Rp}52.367.241.031 \\ &= \text{Rp}150.249.280.458 \end{aligned}$$

2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

a. ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned} ROI_{BT} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp}163.136.732.378}{\text{Rp}523.672.410.312} \times 100\% \\ &= 31,2\% \end{aligned}$$

b. ROI setelah pajak

$$\begin{aligned} ROI_{AT} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp}97.882.039.427}{\text{Rp}523.672.410.312} \times 100\% \\ &= 18,6915\% \quad \text{dari modal investasi} \\ &= 19\% \quad \times \text{Rp}602.223.271.859 \\ &= \text{Rp}112.564.345.341 \end{aligned}$$

3. Lama Pengembalian Modal (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan/waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi.

$$\begin{aligned} POT_{BT} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow sebelum pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{\text{Rp}523.672.410.312}{\text{Rp}215.503.973.409} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 2,43 \text{ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} POT_{AT} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{\text{Rp}523.672.410.312}{\text{Rp}150.249.280.458} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 3,49 \text{ tahun} \end{aligned}$$

4. Break Event Point (BEP)

BEP adalah titik dimana jika tingkat kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya

produksi.

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

a. Biaya Tetap (FC)

$$\text{FC} = \text{Rp117.931.026.802}$$

b. Biaya Variabel (VC)

$$\text{Bahan Baku pertahun} = \text{Rp43.675.653.172}$$

$$\text{Biaya Utilitas pertahun} = \text{Rp460.381.087.360}$$

$$\text{Total Biaya Variabel (VC)} = \text{Rp504.056.740.532}$$

c. Biaya Semi Variabel (SVC)

$$\text{Biaya Umum (GE)} = \text{Rp136.804.895.588}$$

$$\text{Biaya Overhead} = \text{Rp22.447.932.309}$$

$$\text{Penyediaan operasi} = \text{Rp3.927.543.077}$$

$$\text{Biaya laboratorium} = \text{Rp3.927.543.077}$$

$$\text{Gaji karyawan langsung} = \text{Rp11.229.600.000}$$

$$\text{Supervisi} = \text{Rp2.245.920.000}$$

$$\text{Perawatan dan Pemeliharaan} = \text{Rp26.183.620.516}$$

$$\text{Royalti} = \text{Rp8.723.734.967}$$

$$\text{Total Biaya Semi Variable (SVC)} = \text{Rp215.490.789.535}$$

d. Harga Penjualan (S)

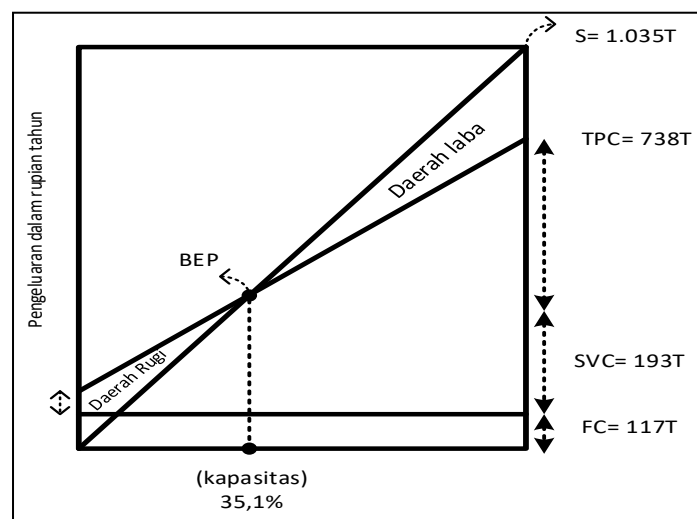
$$\text{S} = \text{Rp1.035.510.229.117}$$

maka,

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\ &= 47,97\% \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas = 47,97% × 50.000 ton/tahun
= 23.985 ton/tahun

Nilai BEP untuk Pabrik Dekstrin berada diantara nilai 30-60% sehingga nilai BEP diatas memadai.



Grafik E.1. Break Even Point

Untuk produksi tahun pertama kapasitas 60% dari kapasitas yang sebenarnya, sehingga keuntungan adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{[100 - BEP] - [100\% - \text{kapasitas}]}{[100 - BEP]}$$

dimana :

PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

% kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PBi}{Rp97.882.039.427} = \frac{[100 - 35,1\%] - [100\% - 60\%]}{[100 - 35,1\%]}$$

$$PBi = Rp97.488.624.059$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun pertama :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{Depresiasi alat} \\ &= Rp97.488.624.059 + Rp5.236.724.103 \\ &= Rp102.725.348.162 \end{aligned}$$

Untuk produksi tahun kedua kapasitas 80% dari kapasitas sebenarnya, sehingga keuntungan adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{[100 - BEP] - [100\% - \text{kapasitas}]}{[100 - BEP]}$$

dimana :

PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

% kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PBi}{Rp97.882.039.427} = \frac{[100 - 351\%] - [100\% - 80\%]}{[100 - 351\%]}$$

$$PBi = Rp97.476.268.717$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun kedua :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun kedua} + \text{Depresiasi alat} \\ &= Rp97.476.268.717 + Rp5.236.724.103 \\ &= Rp102.712.992.820 \end{aligned}$$

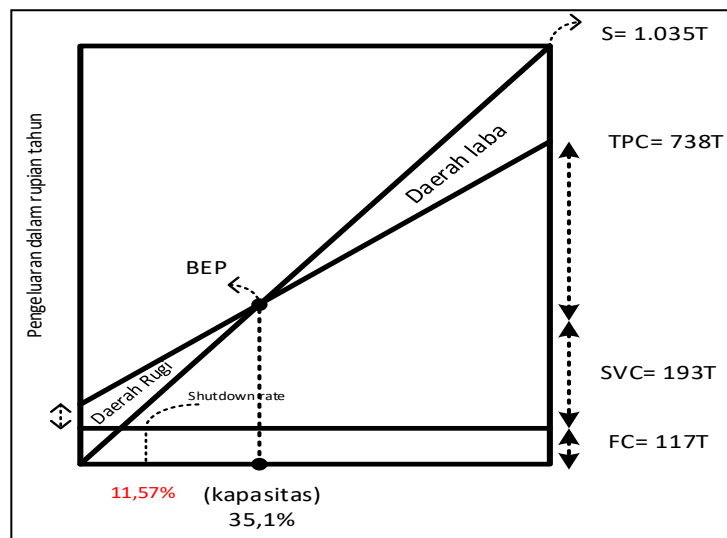
5. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned} SDP &= \frac{0,3 \text{ SVC}}{S - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\ &= 16,99\% \end{aligned}$$

Titik Shut Down Point terjadi pada kapasitas penjualan,

$$\begin{aligned} &= 16,99\% \times Rp1.035.510.229.117 \\ &= Rp175.883.151.587 \end{aligned}$$



Grafik E.2. Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

6. Net Present Value (NPV)

Motode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang.

Diasumsikan masa konstruksi selama 2 tahun,

(tahun ke-1 = 40% & tahun ke-2 = 60%) :

$$\begin{aligned} C_{A-2} &= 40\% \times \text{FCI} \times (1+i)^2 \\ &= 40\% \times \text{Rp}523.672.410.312 \times 1,2544 \\ &= \text{Rp}262.757.868.598 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-1} &= 60\% \times \text{FCI} \times (1+i)^1 \\ &= 60\% \times \text{Rp}523.672.410.312 \times 1,1200 \\ &= \text{Rp}351.907.859.730 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A0} &= -C_{A-1} - C_{A-2} \\ &= -\text{Rp}351.907.859.730 - \text{Rp}262.757.868.598 \\ &= -\text{Rp}614.665.728.328 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun

$$\text{NPV} = C_A \times F_d$$

$$F_d = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Dimana : F_d = Faktor diskon

C_A = cash flow setelah pajak

i = tingkat bunga bank

n = tahun ke-n

Tabel E.1. Cash Flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke -	Cash Flow (C _A) (Rp)	Fd i = 12,5%	NPV (Rp)
0	-614.665.728.328	1,0	-614.665.728.328
1	102.725.348.162	0,89	91.311.420.588
2	102.712.992.820	0,79	81.155.944.944
3	150.249.280.458	0,70	105.524.871.872
4	150.249.280.458	0,62	93.799.886.108
5	150.249.280.458	0,55	83.377.676.541
6	150.249.280.458	0,49	74.113.490.258
7	150.249.280.458	0,44	65.878.658.007
8	150.249.280.458	0,39	58.558.807.118
9	150.249.280.458	0,35	52.052.272.993
10	150.249.280.458	0,31	46.268.687.105
WCI			78.550.861.547
Total			215.926.848.754

Karena NPV = (+) maka pabrik layak untuk didirikan

7. IRR (Internal Rate Of Return)

Tabel E.2. Cash Flow untuk IRR

Tahun ke -	Cash Flow (C _A) (Rp)	NPV ₁ (Rp) i = 0,22	NPV ₂ (Rp) i = 0,23
0	-614.665.728.328	-614.665.728.328	-614.665.728.328
1	102.725.348.162	84.201.105.051	83.516.543.221
2	102.712.992.820	69.008.998.132	67.891.461.974
3	150.249.280.458	82.743.313.569	80.741.547.063
4	150.249.280.458	67.822.388.171	65.643.534.197
5	150.249.280.458	55.592.121.452	53.368.726.990
6	150.249.280.458	45.567.312.666	43.389.208.935
7	150.249.280.458	37.350.256.283	35.275.779.622
8	150.249.280.458	30.614.964.167	28.679.495.627
9	150.249.280.458	25.094.232.923	23.316.663.112
10	150.249.280.458	20.569.043.380	18.956.636.676
WCI		78.550.861.547	78.550.861.547
Total		-17.551.130.987	-35.335.269.365

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_2 - i_1)$$

Dimana :

i_1 = bunga pinjaman ke-1 yang ditrial

i_2 = bunga pinjaman ke-2 yang ditrial

Sehingga,

$$\text{IRR} = 22\% + \frac{-17.551.130.987,0}{-17.551.130.987 - -35.335.269.365} \times \{ 0,23 - 0,22 \}$$

$$= 21,01\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai IRR 21,0% per tahun.

Karena harga IRR lebih besar dari bunga bank (12%), maka Pabrik Dekstrin ini layak didirikan.

APPENDIKS A
NERACA MASSA

Data yang diketahui

1. Data Berat Molekul (BM)

Komponen	BM
$(C_6H_{10}O_5)_{1000}$	164157,0000
H ₂ O	18,0200
Serat	1000000,0000
Abu	12,0110
α - Amilase	52,0000
NaOh	39,9960
Dekstrin	3283,1400

2. Komposisi Bubuk Ketela

Komposisi	%
$(C_6H_{10}O_5)_{1000}$	90,0000%
H ₂ O	9,6000%
Serat	0,2000%
Abu	0,2000%

3. Perhitungan Neraca Massa

1 Tahun = 330 Hari

1 Hari = 24 Jam

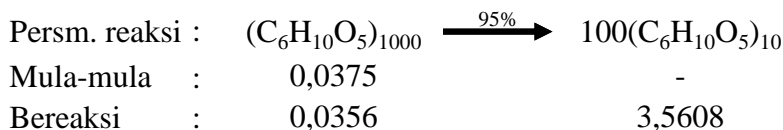
4. Basis Perhitungan

1. Neraca massa dihitung untuk 1 jam operasi

2. Satuan laju alir massa dalam kg/jam

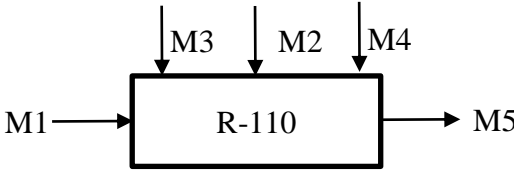
3. Konversi reaksi 95%

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas produksi} &= 50000,0000 \text{ ton/tahun} \\
 \text{Pabrik ini dibangun} &= 50000,0000 \text{ ton/tahun} : 330 \text{ hari/tahun} \\
 \text{dengan kapasitas} &= 151,5152 \text{ ton/hari} \times 1000 \text{ kg/ton} \\
 &= 151515,1515 \text{ kg/hari} : 24 \text{ jam/hari} \\
 &= 6313,1313 \text{ kg/jam} \\
 \text{Total bahan masuk awal} &= 6836,5303 \text{ kg/jam} \\
 \text{Kebutuhan } (C_6H_{10}O_5)_{1000} &= 6152,8773 \text{ kg/jam} \\
 \text{mol } (C_6H_{10}O_5)_{1000} &= \frac{6152,8773 \text{ kg}}{164157,0000 \text{ kg/kgmol}} = 0,0375 \text{ kgmol}
 \end{aligned}$$



konversi 95%
 Produk : $\frac{0,0019}{3,5608}$
 Massa $(C_6H_{10}O_5)_{1000}$ mula-mula = $0,0375 \text{ kmol} \times 164157,0000 \text{ kg/kmol}$
 = 6152,9

1. Reaktor Liquifikasi (R-110)



Fungsi : untuk mereaksikan Pati dan Air
 Keterangan:

- M1 : Bahan Baku Bubuk Pati
- M2 : Air untuk reaksi Hidrolisis
- M3 : Kebutuhan Enzim
- M4 = NaOH untuk mengatur pH
- M5 = Produk Keluar Reaktor

A. Aliran Masuk Reaktor

Komposisi M1	Komposisi M3	Komposisi M4
$(C_6H_{10}O_5)_1 = 90,0\%$	Enzim = $0,0015 \text{ kg/kg pati}$	NaOH = ##### kg
$H_2O = 9,6\%$	= $9,2293 \text{ kg}$	
Serat = $0,2\%$		
Abu = $0,2\%$		

Sehingga massa tiap komponen:

$(C_6H_{10}O_5)_{1000} = 6152,8773 \text{ kg}$

$H_2O = \frac{10\%}{90\%} \times 6152,8773 = 656,3069 \text{ kg}$

Serat $\frac{0,2\%}{90\%} \times 6152,8773 = 13,673 \text{ kg}$

Abu $\frac{0,2\%}{90\%} \times 6152,8773 = 13,673 \text{ kg}$

total = $6836,5303 \text{ kg}$

Komposisi M2

(jumlah air yg dibutuhkan dihitung dengan terget bahwa produk yg d dihasilkan 70%)

$H_2O = 13085,7855 \text{ kg}$

mol bahan baku masuk reaktor

$$\text{mol } (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_{10} = \frac{6152,8773}{164157,0000} = 0,0375 \text{ kmol}$$

$$\text{mol H}_2\text{O} = \frac{13085,7855}{18,0200} = 726,1812 \text{ kmol}$$

Persm. reaksi : $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_{1000} \xrightarrow{95\%} 100(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_{10}$

Mula-mula : 0,0375 -

Bereaksi : 0,0356 1,7804

konversi 95%

Produk : 0,0019 1,7804

$$\text{Massa Pati sisa reaksi} = 0,0019 \times 164200,000 = 307,724 \text{ kg}$$

$$\text{Massa Dekstrin hasil reaksi} = 1,7804 \times 3150,0 = 5608,194 \text{ kg}$$

B. Aliran keluar reaktor

$$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_{1000} = 307,724 \text{ kg} \quad \text{Enzim} = 9,2293 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 13742,092 \text{ kg} \quad \text{NaOH} = 261,72 \text{ kg}$$

$$\text{Dekstrin} = 5608,194 \text{ kg}$$

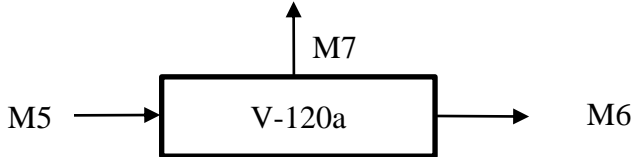
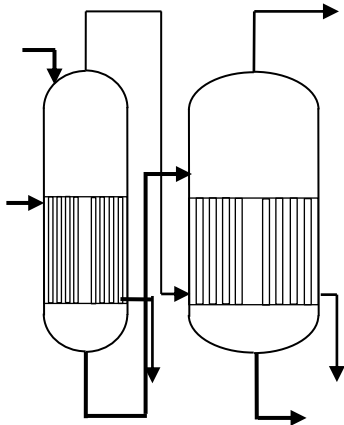
$$\text{Serat} = 13,673 \text{ kg}$$

$$\text{Abu} = 13,673 \text{ kg}$$

Neraca Massa pada Reaktor

komponen	masuk(kg)				keluar (kg)
	M1	M2	M3	M4	M5
$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_{1000}$	6152,8773	-	-	-	307,7245
H ₂ O	656,3069	13085,7855	-	-	13742,0924
Serat	13,6731	-	-	-	13,6731
Abu	13,6731	-	-	-	13,6731
$100(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5)_{10}$	-	-	-	-	5608,1938
α -amilase	-	-	9,2293	-	9,2293
NaOH	-	-	-	261,7157	261,7157
total	6822,8573	13085,7855	9,2293	261,7157	19956,3018
	19956,3018				

2.Double Effect Evaporator



Fungsi : memekatkan syrup dekstrin sampai 50% bahan kering
 Keterangan :
 M3 = Bahan masuk ke Evaporator
 M4 = Bahan ke Evaporator Effect II
 M5 = Air hasil penguapan keluar evaporator

A. Aliran masuk evaporator dari Reaktor Liquifikasi (M3)

- komponen bahan yang masuk:
- $(C_6H_{10}O_5)_{1000} = 307,7245 \text{ kg}$
 - $H_2O = 13742,0924 \text{ kg}$
 - Dekstrin = 5608,1938 kg
 - Serat = 13,6731 kg
 - Abu = 13,6731 kg
 - Enzim = 9,2293 kg
 - NaOH = 261,7157 kg

B. Perhitungan neraca massa komponen

Total massa bahan yang masuk ke evaporator (aliran <12>)	19956,3018
Terdiri atas: bahan kering =	5608,1938
air =	13742,0924

maka fraksi bahan kering masuk (Xf):

$$x_f = \frac{\text{massa bahan kering}}{\text{total massa masuk}} = \frac{5608,1938}{19956,3018} = 0,2810$$

Neraca Massa total di evaporator:

$$F = L + V$$

$$19956,3018 = L + V \dots\dots\dots(1)$$

Neraca massa komponen total:

> Tidak ada bahan kering dalam V ($x_v = 0$)

> x_L adalah konsentrasi akhir sirup glukosa

$$F \cdot x_f = L \cdot x_l + V \cdot x_v$$

$$19956,3018 \times 0,2810 = 0,35L + 0$$

$$5608,1938 = 0,35L$$

$$L = 16023,4108 \text{ kg} \dots\dots(ii)$$

jumlah air yang diuapkan (substitusi hasil perhitungan (i) ke (ii)):

$$V = F - L$$

$$V = 19956,302 - 16023,4108$$

$$V = 3932,891 \text{ kg}$$

jumlah air dalam produk:

$$= \text{air masuk (aliran } \diamond) - \text{jumlah air diuapkan}$$

$$= 13742,092 - 3932,891$$

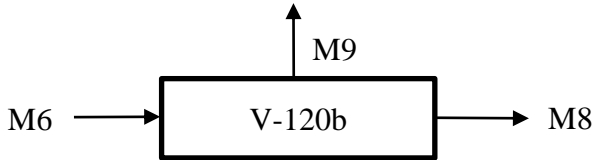
$$= 9809,201 \text{ kg}$$

komponen	Masuk		Keluar			
	M5		M6		M7	
	x	m(kg)	x	m(kg)	x	m(kg)
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁	0,0154	307,7245	0,0192	307,7245	0,0000	0,0000
H ₂ O	0,6886	13742,0924	0,6122	9809,2014	0,0000	0,0000
Serat	0,0007	13,6731	0,0009	13,6731	0,0000	0,0000
Abu	0,0007	13,6731	0,0009	13,6731	0,0000	0,0000
Dekstrin	0,2810	5608,1938	0,3500	5608,1938	0,0000	0,0000
Enzim	0,0005	9,2293	0,0006	9,2293	0,0000	0,0000
NaOH	0,0131	261,7157	0,0163	261,7157	0,0000	0,0000
H ₂ O(g)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	3932,8910
Total	1,0000	19956,3018	1,0000	16023,4108	1,0000	3932,8910
					total	19956,3018

Komponen	Neraca massa masuk evaporator total			
	masuk		keluar	
	x	m(kg)	x	m(kg)
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁	0,0154	307,724	0,0154	307,724
H ₂ O	0,6886	13742,092	0,4915	9809,201
Serat	0,0007	13,673	0,0007	13,673
Abu	0,0007	13,673	0,0007	13,673
Dekstrin	0,2810	5608,194	0,2810	5608,194
Enzim	0,0005	9,229	0,0005	9,229
NaOH	0,0131	261,716	0,0131	261,716
H ₂ O	0,0000	0,000	0,1971	3932,891

total	1,000	19956,302	1,000	19956,302
-------	-------	-----------	-------	-----------

Neraca Massa Effect II



- Keterangan :
- M6 = Bahan masuk ke Evaporator Effect II
 - M8 = Bahan menuju spray drayer
 - M9 = Air hasil penguapan keluar evaporator

$$F \cdot x_f = L \cdot x_l + V \cdot x_v$$

$$16023,4108 \times 0,3500 = 0,5L + 0$$

$$5608,1938 = 0,5L$$

$$L = 11216,3876 \text{ kg(ii)}$$

jumlah air yang diuapkan (substitusi hasil perhitungan (i) ke (ii)):

$$V = F - L$$

$$V = 16023,411 - 11216,3876$$

$$V = 4807,023 \text{ kg}$$

jumlah air dalam produk:

$$= \text{air masuk (aliran } \leftrightarrow) - \text{jumlah air diuapkan}$$

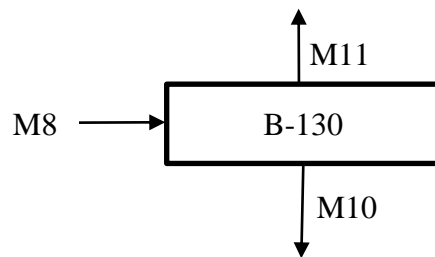
$$= 9809,201 - 4807,023$$

$$= 5002,178 \text{ kg}$$

komponen	Masuk		Keluar			
	M6		M8		M9	
	x	m(kg)	x	m(kg)	x	m(kg)
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁	0,0192	307,7245	0,0274	307,7245	0,0000	0,0000
H ₂ O	0,6122	9809,2014	0,4460	5002,1782	0,0000	0,0000
Serat	0,0009	13,6731	0,0012	13,6731	0,0000	0,0000
Abu	0,0009	13,6731	0,0012	13,6731	0,0000	0,0000
Dekstrin	0,3500	5608,1938	0,5000	5608,1938	0,0000	0,0000
Enzim	0,0006	9,2293	0,0008	9,2293	0,0000	0,0000
NaOH	0,0163	261,7157	0,0233	261,7157	0,0000	0,0000
H ₂ O(g)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	4807,0232
Total	1,0000	16023,4108	1,0000	11216,3876	1,0000	4807,0232
					total	16023,4108

Komponen	Neraca massa masuk evaporator total			
	masuk		keluar	
	x	m(kg)	x	m(kg)
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁	0,019	307,724	0,019	307,724
H ₂ O	0,612	9809,201	0,312	5002,178
Serat	0,001	13,673	0,001	13,673
Abu	0,001	13,673	0,001	13,673
Dekstrin	0,350	5608,194	0,350	5608,194
Enzim	0,001	9,229	0,001	9,229
NaOH	0,016	261,716	0,016	261,716
H ₂ O	0,000	0,000	0,300	4807,023
total	1,000	16023,411	1,000	16023,411

3. Spray Dryer



jika solid yang terikut gas keluar dari spray dryer masuk ke dalam cyclone adalah 1% dan produk yang keluar mengandung 1% H₂O

keterangan:

M6 = Bahan menuju spraydryer dari evaporator

M8 = Produk menuju Bin Produk

M9 = Produk menuju Cyclone

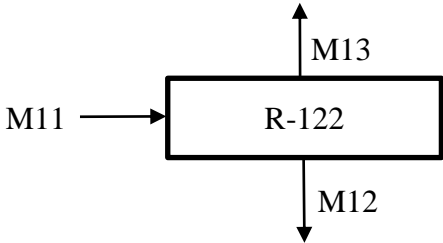
M10 = Udara kering masuk

Neraca Massa Spray Dryer

masuk		keluar	
dari evaporator (M8)		keluar menuju bin produk(M10)	
		99%	
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁	307,7245	(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀	304,6472
H ₂ O	5002,1782	H ₂ O	50,0218
Serat	13,6731	Serat	13,5363
Abu	13,6731	Abu	13,5363
Dekstrin	5608,1938	Dekstrin	5552,1118
Enzim	9,2293	Enzim	9,1370
NaOH	261,7157	NaOH	259,0986

	total	6202,0891
	yang tertangkap di cyclone(M11)	1%
	(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀	3,0772
	Serat	0,1367
	Abu	0,1367
	Dekstrin	56,0819
	Enzim	0,0923
	NaOH	2,6172
	H ₂ O	4952,1564
total	11216,3876	total
		11216,3876

4. Cyclone



fungsi: menangkap serbuk(powder) yang terikat udara pada proses pengeringan di spray dryer
 99% dekstrin powder tertangkap cyclone, menuju bin produk dn 1%
 sebagai loss/hilang ke stack

keterangan:

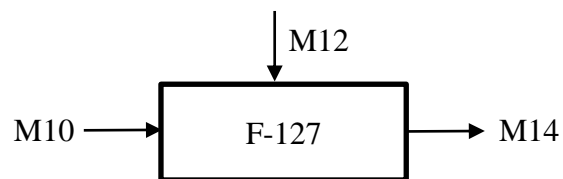
- M9 = Powder menuju Cyclone dari spray dryer
- M11 = Produk menuju Bin Produk
- M12 = Produk keluar cyclone

Neraca Massa Cyclone

masuk		keluar	
powder yang masuk cyclone (M11)		produk yg keluar cyclone (M12)	
		ke bin produk 99%	
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀	3,0772	(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀	3,0465
H ₂ O	4952,1564	H ₂ O	49,5216
Serat	0,1367	Serat	0,1354
Abu	0,1367	Abu	0,1354
Dekstrin	56,0819	Dekstrin	55,5211
Enzim	0,0923	Enzim	0,0914
NaOH	2,6172	NaOH	2,5910
		jumlah	111,0422
		ke stack/loss (M13)	1%
		(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀	0,0308

		H ₂ O	4902,6348
		Serat	0,0014
		Abu	0,0014
		Dekstrin	0,5608
		Enzim	0,0009
		NaOH	0,0262
		jumlah	4903,2563
total	5014,2985	total	5014,2985

5. Bin Produk



fungsi = menampung sementara produk dekstrin

Neraca Massa Bin Produk

masuk		keluar	
powder yang dari Spraydryer (M10)		Menuju Packing (M14)	
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀	304,6472	(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀	307,6937
H ₂ O	50,0218	H ₂ O	99,5433
Serat	13,5363	Serat	13,6717
Abu	13,5363	Abu	13,6717
Dekstrin	5552,1118	Dekstrin	5607,6330
Enzim	9,1370	Enzim	9,2284
NaOH	259,0986	NaOH	261,6895
Powder dari Cyclone (M12)			
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁₀₀₀	3,0465		
H ₂ O	49,5216		
Serat	0,1354		
Abu	0,1354		
Dekstrin	55,5211		
Enzim	0,0914		
NaOH	2,5910		
total	6313,1313	total	6313,1313

2%

0,0000

0,2810237

APPENDIKS B NERACA PANAS

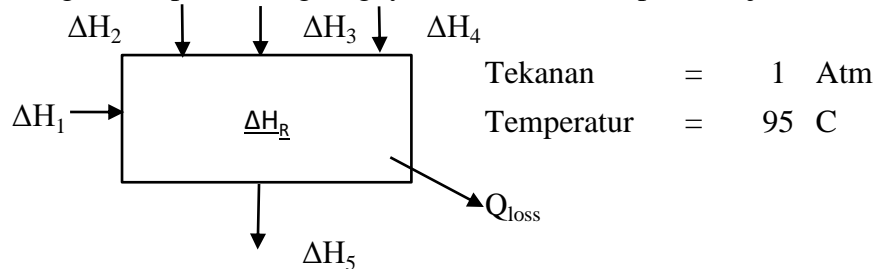
Pabrik ini dibangun dengan kapasitas produksi	=	50000	ton/tahun
Kapasitas produksi	=	50000,00	ton/tahun
	=	151,5152	ton/hari
	=	151515,15	kg/jam
	=	6313,1313	kg/jam
Basis bahan baku	=	25804,8027	kg/jam
	=	204374,0372	ton/tahun
Satuan	=	Kjoule	
Saturated steam	= T =	120,0000	°C
	P =	198,5300	kpa
	λ =	2205,5900	kJ/kg (Geankoplis tabel A-2)

Tabel Cp

Komponen	BM	Cp
C ₆ H ₁₂ O ₅	164157	0,3198
abu	12,0110	0,3200
serat	1000000	0,3200
α - Amilase	52,0000	0,5054
NaOH	39,9960	0,7700
deksrin	3283,1400	0,3198
H ₂ O	18,0200	4,1814

1. Reaktor Hidrolisa (R-120)

Fungsi : tempat berlangsungnya reaksi hidrolisis pati menjadi dekstrin



Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_5 + Q_{\text{loss}} + \Delta F$

Keterangan :

- ΔH_1 = Aliran larutan dari tangki pelarut (kg/jam)
- ΔH_2 = Aliran NaOH masuk tangki hidrolisa (kg/jam)
- ΔH_3 = Aliran enzim α -amilase masuk tangki hidrolisa (kg/jam)
- ΔH_4 = Aliran H₂O masuk tangki hidrolisa (kg/jam)
- ΔH_5 = Aliran slury keluar tangki hidrolisa (kg/jam)
- Q_{loss} = Panas yang lepas

- $Q_{\text{steam}} = \text{Panas yang dibawa steam}$

Direncanakan :

Suhu larutan pati masuk	=	T_1	=	30	°C	=	303,15	K
Suhu reaksi	=	T_R	=	95	°C	=	368,15	K
Suhu NaOH masuk	=	T_2	=	30	°C	=	303,15	K
Suhu α -amilase masuk	=	T_3	=	30	°C	=	303,15	K
Suhu H ₂ O masuk	=	T_5	=	30	°C	=	303,15	K
Suhu bahan keluar	=	T_4	=	95	°C	=	368,15	K
Suhu referensi	=	T_{ref}	=	25	°C	=	298,15	K

A. Menghitung panas bahan masuk reaktor $\Delta H1$

$$T_1 = 30 \text{ °C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 25 \text{ °C} = 298,15 \text{ K}$$

Komponen	m,kg/jam	BM	kmol/jam	CpdT	ΔH_9
(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₁	6152,8773	164157	0,0375	1,5990	9838,4
serat	48,9900	1000000	0,00005	1,6000	78,3
abu	13,6731	12,0110	1,1384	1,6000	21,8
NaOH	261,7157	39,9960	6,5435	3,8500	1007,6
α -amilase	4,4091	52,0000	0,0848	2,5270	11,1
H ₂ O	656,3069	18,0150	36,4311	20,9070	13721,4
Total	660,7160				24678,8

B. Menghitung panas NaOH masuk reaktor $\Delta H2$

$$T_{10} = 30 \text{ °C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 25 \text{ °C} = 298,15 \text{ K}$$

Komponen	m,kg/jam	BM	kmol/jam	CpdT	ΔH_{11} (J)
NaOH	261,7157	39,9960	6,5435	3,8500	1007,6
Total	261,7157				1007,6

C. Menghitung panas α -amilase masuk reaktor $\Delta H3$

$$T_{11} = 30 \text{ °C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 25 \text{ °C} = 298,15 \text{ K}$$

Komponen	m,kg/jam	BM	kmol/jam	CpdT	ΔH_{10} (J)
α -amilase	9,2293	36,4600	0,2531	2,5270	23,3
Total	9,2293				23,3

C. Menghitung panas H₂O masuk reaktor $\Delta H4$

$$T_{11} = 30 \text{ °C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

Komponen	m,kg/jam	BM	kmol/jam	CpdT	ΔH_{10} (kJ)
H ₂ O	13085,785	18,0000	726,9881	20,9070	273584,51'
Total	13085,785				273584,51'

C. Menghitung panas pada bahan keluar ΔH_5

$$T_{12} = 95 \text{ } ^\circ\text{C} = 368,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

Komponen	m,kg/jam	BM	kmol/jam	CpdT	ΔH_5 (kJ)
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₁₀₀₀	307,7245	164157	0,0019	22,3860	6888,7
Abu (Carbon)	13,6731	12,0110	1,1384	22,4000	306,2
Fiber	13,6731	1000000	0,00001	22,4000	306,2
NaOH	261,7157	39,9960	6,5435	53,9000	14106,4
α - Amilase	9,2293	52,0000	0,1775	35,3780	326,5
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₂₀	5608,1938	3283,1400	1,7082	22,3860	#####
H ₂ O	13742,092	18,0150	762,8139	292,6980	402228.
Total	19956,302				416976.

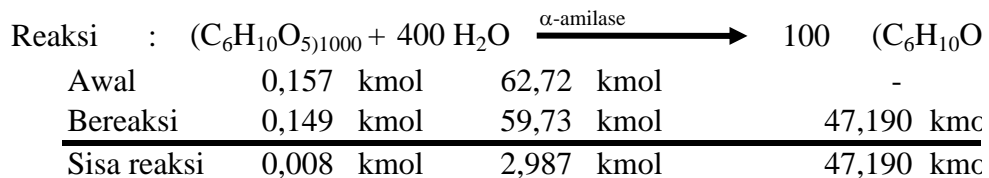
D. Menghitung panas reaksi dari masing-masing komponen

$$\text{Diketahui } \Delta H_f \text{ H}_2\text{O} = -68,32 \text{ Kkal/kmol}$$

(Perry, J. H. , 1999)

$$(C_6H_{12}O_5)_{1000} = -496899,17 \text{ kkal/kmol}$$

$$(C_6H_{10}O_5)_{10} = -4859,27 \text{ kkal/kmol}$$



• Menghitung panas reaksi pada 298,15 k

Komponen	kmol	ΔH_f	ΔH_f
Pati	0,1493	-496899,1700	-74204,9732
H ₂ O	59,7344	-68,3200	-4081,0563
Dekstrin	47,1902	-496899,1700	-23448771,5189

$$\Delta H_f 298 = (\Delta H_f \text{Dekstrin}) - (\Delta H_f \text{Pati} + \Delta H_f \text{H}_2\text{O})$$

$$= -23448772 - 78286,0295$$

$$= \mathbf{23370485,4894} \text{ kkal/jam}$$

$$= 97688629,3455 \text{ kj/jam}$$

• Menghitung panas reaktan (ΔH reaktan)

$$T_{in} = 95 \text{ } ^\circ\text{C} = 368,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

Komponen	m,kg/jam	BM	kmol/jam	CpdT	$\Delta H_{reaktan}$ (
Pati	307,7245	164157	0,0019	22,3860	6888,7
H ₂ O	26827,878	18,0150	1489,1967	292,698	7852466,1
Total	27135,602				7859354,9

- Menghitung panas produk (ΔH produk)

$$T_{in} = 95 \text{ } ^\circ\text{C} = 368,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

Komponen	m,kg/jam	BM	kmol/jam	CpdT	ΔH_{produk} (
Dekstrin	5608,1938	3283,14	1,7082	0,3198	1793,5
Total	5608,1938				1793,5

- Menghitung panas reaksi

$$\Delta H_R = \Delta H_{Produk} - \Delta H_{Reaktan} + \Delta H_{298}$$

$$= 1793,5004 - 7859354,9177 + 97688629,3455$$

$$= 89831067,9283 \text{ kJ/kg endotermis}$$

E. Neraca Panas

$$Q_{in} - Q_{out} + Q_{gen} - Q_{konsumsi} = \text{Akumulasi}$$

$$(D_{hin} + Q_{steam}) - D_{hout} + Q_{gen} - Q_{konsumsi} \text{ reaksi} = Q_{loss}$$

$$299294 + Q_{steam} - 4169762 + 0 - 89831068 = 5\% Q_{masuk}$$

$$29929431\% + Q_{steam} - 4169762,2494 - 89831068 = 5\% \cdot 299$$

$$+ Q_{steam}$$

$$Q_{steam} + -93701536 = 14965 + 0,05 Q_{steam}$$

$$0,9500 Q_{steam} = 93716501 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{steam} = 98648948 \text{ kJ/kg}$$

F. Kebutuhan massa steam

$$\text{Superheated steam masuk pada } T = 120,00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P = 143,27 \text{ kpa}$$

$$\lambda = 2230,20 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{steam} = m_{steam} \times \lambda$$

$$98648947,98 = m_{steam} \times 2230,20$$

$$m_{steam} = 44233,23 \text{ kg/jam}$$

G. Menghitung besar Q loss

$$Q_{loss} = 5\% \times (Q_{masuk} + Q_{steam})$$

$$= 5\% \times (299294,31 + 98648947,98)$$

$$= 5\% \times 98948242,29$$

$$= 4947412,11 \text{ KJ}$$

H. Tabel neraca panas reaktor Hidrolisis

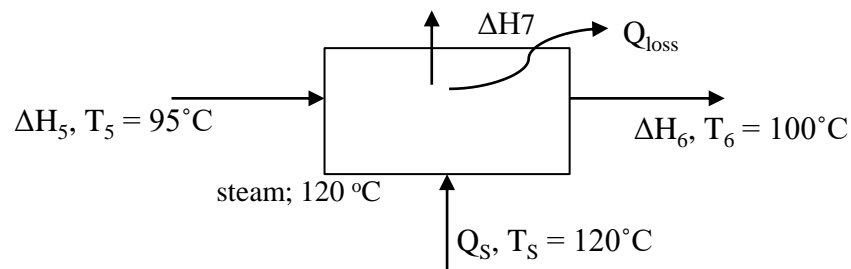
Masuk	Keluar
-------	--------

Komponen	Kalor	Komponen	Kalor
ΔH_1	24678,8675	ΔH_5	4169762,2494
ΔH_2	23,3225		
ΔH_3	1007,6055	ΔH_R	89831067,9283
ΔH_4	273584,5171		
Qsteam	98648947,9797	Q _{loss}	4947412,1146
Total	98948242,2922		98948242,2922

2. Evaporator (V-120)

Fungsi : untuk menisahkan Dekstrin dengan H₂O

Kondisi Operasi	:	
Tekanan	=	1 atm
Suhu Operasi	=	105 °C = 378,15 K
T feed	=	95 °C = 368,15 K
Tref	=	25 °C = 298,15 K
Q _{loss}	=	5% panas masuk



Neraca Panas Total

$$F \cdot h_F + S \cdot \lambda = L \cdot h_L + V \cdot h_V + Q_{\text{loss}}$$

Panas feed + Panas steam = Panas liquid keluar + Panas uap + Q_{loss}

Keterangan :

ΔH_5	=	Panas larutan Dekstrin masuk evaporator
ΔH_6	=	Panas Dekstrin keluar menuju evaporator efek II
ΔH_7	=	Panas uap air keluar evaporator
T_5	=	Suhu masuk larutan dekstrin 30% = 95 °C = 368,15
T_6	=	Suhu larutan Dekstrin keluar = 100 °C = 373,15
T_7	=	Suhu keluar uap air = 100 °C = 373,15
T_{steam}	=	Suhu masuk steam = 120 °C = 393,15
$T_{\text{kondensat}}$	=	Suhu keluar kondensat = 105 °C = 378,15

Dilihat dari grafik, maka diperoleh T operasi = 105 °C

Massa bahan masuk

Komponen	Berat (kg/jam)	BM	m (kmol/
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₁₀₀₀	307,7245	164157	0,0
Abu (Carbon)	13,6731	12	1,1
Fiber	13,6731	1000000	0,0

NaOH	261,7157	40	6,5
α - Amilase	9,2293	52	0,1
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₂₀	5608,1938	3283	1,7
H ₂ O	13742,0924	18	762,8
Jumlah			772,3

Massa bahan keluar

Komponen	Berat (kg/jam)	BM	m (kmol/jam)
(ΔH_6)			
(C ₆ H ₁₂ O ₅)1000	307,7245	164157	0,0019
Abu (Carbon)	13,6731	12,0110	1,1384
Fiber	13,6731	1000000	0,00001
NaOH	261,7157	39,9960	6,5435
α - Amilase	9,2293	52,0000	0,1775
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₂₀	5608,1938	3283,1400	1,7082
H ₂ O	9809,2014	18,0150	544,5019
Jumlah			554,0714
(ΔH_7)			
*uap air			
H ₂ O	3932,8910	18,0150	218,3120
Jumlah			218,3120

Kapasitas Panas ($\int C_p dT$)

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT = \left\{ A(T - T_{ref}) + B \frac{(T^2 - T_{ref}^2)}{2} + C \frac{(T^3 - T_{ref}^3)}{3} + D \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right] \right.$$

a. Menghitung panas dari masing-masing bahan masuk ke evaporator

Komponen	m (kmol/jam)	$\int C_p dT$	ΔH (kkal/jam)
(C ₆ H ₁₂ O ₅)1000	0,0019	23,9850	0,0107
Abu (Carbon)	1,1384	24,0000	6,5300
Fiber	0,00001	24,0000	0,00008
NaOH	6,5435	57,7500	90,3195
α - Amilase	0,1775	37,9050	1,6080
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₂₀	1,7082	23,9850	9,7924
H ₂ O	762,8139	313,6050	57176,5107
Jumlah			57284,7713

b. Menghitung panas dari masing-masing bahan keluar dari evaporator

Komponen	m (kmol/jam)	$\int C_p dT$	ΔH (kkal/jam)
(ΔH_6)			
(C ₆ H ₁₂ O ₅)1000	0,0019	23,9850	0,0107
Abu (Carbon)	1,1384	24,0000	6,5300
Fiber	0,00001	24,0000	0,0001
NaOH	6,5435	57,7500	90,3195
α - Amilase	0,1775	37,9050	1,6080
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₂₀	1,7082	23,9850	9,7924

H ₂ O	544,5019	313,6050	40812,9922
Jumlah			40921,2528
(ΔH_7)			
*uap air			
H ₂ O	218,3120	313,6050	16363,5185
Jumlah			16363,5185

c. Menghitung panas yang terbawa oleh uap air

$$T_{\text{uap}} = 105 \text{ }^\circ\text{C} = 378,15 \text{ K}$$

$$H_v = 2691,5 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{H}_2\text{O}} \text{ yang menguap} &= \text{H}_2\text{O masuk} - \text{H}_2\text{O keluar} \\ &= 13742,0924 - 9809,2014 \\ &= 3932,8910 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Enthalpi uap} &= m_{\text{H}_2\text{O}} \text{ yang menguap} \times H_v \\ &= 10585376,1 \text{ kJ} \\ &= 2530010,73 \text{ kkal} \end{aligned}$$

$$\text{Enthalpy steam } (\lambda) = 2230,2000 \text{ kJ/kg} = 533,0401 \text{ kal/l}$$

Neraca panas pada Evaporator I (V-120 A)

$$F \cdot h_F + S \cdot \lambda = L \cdot h_L + V \cdot h_V + Q_{\text{loss}}$$

$$\text{Panas feed} + \text{Panas steam} = \text{Panas liquid keluar} + \text{Panas uap} + Q_{\text{loss}}$$

$$57284,7713 + \text{Panas steam} = 40921,2528 + 2530011 + Q_{\text{loss}}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas steam} - Q_{\text{loss}} &= L \cdot h_L + V \cdot h_V - F \cdot h_F \\ &= 40921 + 2530011 - 57284,7713 \\ &= 2513647,213 \text{ kal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas steam } (S \cdot \lambda) &= \frac{\text{Panas steam} - Q_{\text{loss}}}{1 - 5\%} \\ &= \frac{2513647,2134}{0,95} \\ &= 2645944,4352 \text{ kal} \end{aligned}$$

$$\text{Panas steam} - Q_{\text{loss}} = 2513647,2134$$

$$2645944,4352 - Q_{\text{loss}} = 2513647,2134$$

$$Q_{\text{loss}} = 132297,2218 \text{ kal}$$

$$\text{Panas steam } (S \cdot \lambda) = m_{\text{steam}} (S) \times \lambda_{\text{steam}}$$

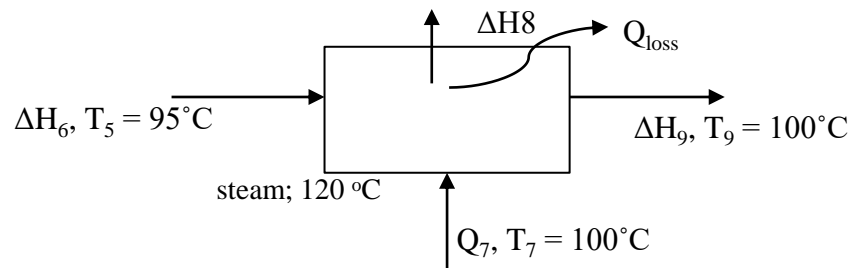
$$2645944,4352 = m_{\text{steam}} (S) \times 533$$

$$m_{\text{steam}} (S) = 4963,8750 \text{ kg}$$

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Komponen	Energi (kkal/jam)	Komponen	Energi (kkal/jam)
ΔH_5	57284,7713	ΔH_6	40921,2528
Q_{steam}	2645944,4352	ΔH_7	2530010,7319
		Q_{loss}	132297,2218
Jumlah	2703229,2065	Jumlah	2703229,2065

3. Evaporator (V-120b)

Kondisi Operasi	:	
Tekanan	=	1 atm
Suhu Operasi	=	100 °C = 373,15 K
T feed	=	100 °C = 373,15 K
Tref	=	25 °C = 298,15 K
Q_{loss}	=	5% panas masuk



Neraca Panas Total

$$F.hF + S.\lambda = L.hL + V.hV + Q_{\text{loss}}$$

Panas feed + Panas steam = Panas liquid keluar + Panas uap + Q_{loss}

Keterangan :

ΔH_6	=	Panas larutan Dekstrin masuk evaporator
ΔH_9	=	Panas Dekstrin keluar menuju SD
ΔH_8	=	Panas uap air keluar evaporator
T_6	=	Suhu masuk larutan dekstrin = 100 °C = 373,15
T_9	=	Suhu larutan Dekstrin keluar = 95 °C = 368,15
T_8	=	Suhu keluar uap air = 100 °C = 373,15
T_7	=	Suhu masuk steam = 105 °C = 378,15
$T_{\text{kondensat}}$	=	Suhu keluar kondensat = 90 °C = 363,15

Dilihat dari grafik, maka diperoleh T operasi = 100 °C

Massa bahan masuk

Komponen	Berat (kg/jam)	BM	m (kmol/
$(C_6H_{12}O_5)_{1000}$	307,7245	164157	0,0
Abu (Carbon)	13,6731	12,0110	1,1
Fiber	13,6731	1000000	0,0
NaOH	261,7157	39,9960	6,5
α - Amilase	9,2293	52,0000	0,1

(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₂₀	5608,1938	3283,1400	1,7
H ₂ O	9809,2014	18,0150	544,5
Jumlah			554,0

Massa bahan keluar

Komponen	Berat (kg/jam)	BM	m (kmol/jam)
(ΔH ₉)			
(C ₆ H ₁₂ O ₅)1000	307,7245	164157	0,0019
Abu (Carbon)	13,6731	12,0110	1,1384
Fiber	13,6731	1000000	0,00001
NaOH	261,7157	39,9960	6,5435
α - Amilase	9,2293	52,0000	0,1775
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₂₀	5608,1938	3283,1400	1,7082
H ₂ O	5002,1782	18,0150	277,6674
Jumlah			287,2369
(ΔH ₈)			
*uap air			
H ₂ O	4807,0232	18,0150	266,8345
Jumlah			266,8345

Kapasitas Panas (∫C_pdT)

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT = \left\{ A(T - T_{ref}) + B \frac{(T^2 - T_{ref}^2)}{2} + C \frac{(T^3 - T_{ref}^3)}{3} + D \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right] \right.$$

- a. Menghitung panas dari masing-masing bahan masuk ke evaporator

Komponen	m (kmol/jam)	∫C _p dT	ΔH (kkal/jam)
(C ₆ H ₁₂ O ₅)1000	0,0019	23,9850	0,0107
Abu (Carbon)	1,1384	24,0000	6,5300
Fiber	0,00001	24,0000	0,00008
NaOH	6,5435	57,7500	90,3195
α - Amilase	0,1775	37,9050	1,6080
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₂₀	1,7082	23,9850	9,7924
H ₂ O	544,5019	313,6050	40812,9922
Jumlah			40921,2528

- b. Menghitung panas dari masing-masing bahan keluar dari evaporator

Komponen	m (kmol/jam)	∫C _p dT	ΔH (kkal/jam)
(ΔH ₉)			
(C ₆ H ₁₂ O ₅)1000	0,0019	23,9850	0,0107
Abu (Carbon)	1,1384	24,0000	6,5300
Fiber	0,00001	24,0000	0,0001

NaOH	6,5435	57,7500	90,3195
α - Amilase	0,1775	37,9050	1,6080
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₂₀	1,7082	23,9850	9,7924
H ₂ O	277,6674	313,6050	20812,4852
Jumlah			20920,7458
(ΔH_8)			
*uap air			
H ₂ O	266,8345	313,6050	20000,5070
Jumlah			20000,5070

c. Menghitung panas yang terbawa oleh uap air

$$T_{\text{uap}} = 100 \text{ }^\circ\text{C} = 373,15 \text{ K}$$

$$H_v = 2691,5 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{H}_2\text{O}} \text{ yang menguap} &= \text{H}_2\text{O masuk} - \text{H}_2\text{O keluar} \\ &= 9809,2014 - 5002,1782 \\ &= 4807,0232 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Enthalpi uap} &= m_{\text{H}_2\text{O}} \text{ yang menguap} \times H_v \\ &= 12938103 \text{ kJ} \\ &= 3092336,01 \text{ kkal} \end{aligned}$$

$$\text{Enthalpy steam } (\lambda) = 2230,2000 \text{ kJ/kg} = 533,0401 \text{ kal/l}$$

Neraca panas pada Evaporator II (V-120 B)

$$F \cdot h_F + S \cdot \lambda = L \cdot h_L + V \cdot h_V + Q_{\text{loss}}$$

$$\text{Panas feed} + \text{Panas steam} = \text{Panas liquid keluar} + \text{Panas uap} + Q_{\text{loss}}$$

$$40921,2528 + \text{Panas steam} = 20920,7458 + 3092336 + Q_{\text{loss}}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas steam} - Q_{\text{loss}} &= L \cdot h_L + V \cdot h_V - F \cdot h_F \\ &= 20921 + 3092336 - 40921,2528 \\ &= 3072335,502 \text{ kal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas steam } (S \cdot \lambda) &= \frac{\text{Panas steam} - Q_{\text{loss}}}{1 - 5\%} \\ &= \frac{3072335,5018}{0,95} \\ &= 3234037,3703 \text{ kal} \end{aligned}$$

$$\text{Panas steam} - Q_{\text{loss}} = 3072335,5018$$

$$3234037,3703 - Q_{\text{loss}} = 3072335,5018$$

$$Q_{\text{loss}} = 161701,8685 \text{ kal}$$

$$\text{Panas steam } (S \cdot \lambda) = m_{\text{steam}} (S) \times \lambda_{\text{steam}}$$

$$3234037,3703 = m_{\text{steam}} (S) \times 533$$

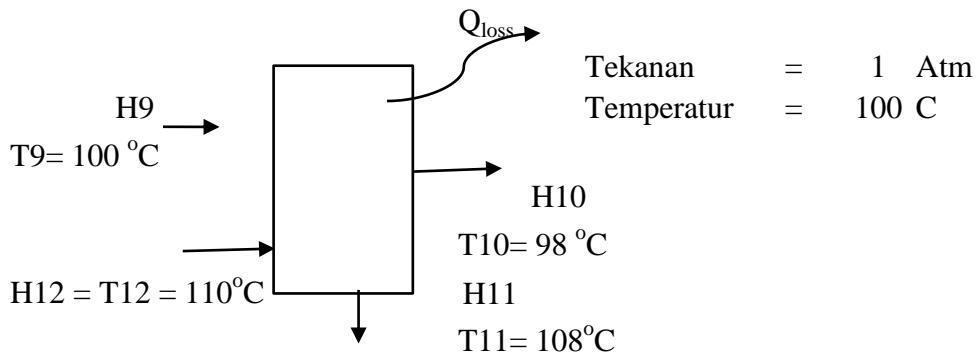
$$m_{\text{steam}} (S) = 6067,1558 \text{ kg}$$

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Komponen	Energi (kkal/jam)	Komponen	Energi (kkal/jam)
ΔH_6	40921,2528	ΔH_9	20920,7458

Q_{steam}	3234037,3703	ΔH_8	3092336,0088
		Q_{loss}	161701,8685
Jumlah	3274958,6232	Jumlah	3274958,6232

4. Spray Dryer

Fungsi : tempat mengubah dekstrin dari larutan menjadi serbuk



Neraca Panas Total

$$\Delta H_6 + \Delta H_8 = \Delta H_9 + \Delta H_{10} + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

ΔH_9 = Panas yang terkandung pada larutan dekstrin masuk Spray Dryer

ΔH_{12} = Panas yang terkandung pada udara kering masuk Spray Dryer

ΔH_{10} = Panas yang terkandung pada udara menuju Cyclone

ΔH_{11} = Panas yang terkandung pada serbuk dekstrin keluar Spray Dryer

Q_{loss} = Panas yang hilang

$$T_9 = 95 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ref}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{12} = 110 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{10} = 98 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{11} = 108 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A. Panas bahan masuk (ΔH_6)

Komponen	m,kg/jam	BM	kmol/jam	CpdT	ΔH_6
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₁	307,7245	164157	0,0019	22,3860	6888,7
Abu (Carbon)	13,6731	12	1,1384	22,4000	306,2
Fiber	13,6731	1000000	0,00001	22,4000	306,2
α - Amilase	9,2293	52	0,1775	35,3780	326,5
NaOH	261,7157	40	6,5435	53,9000	14106,4
dekstrin	5608,1938	3283	1,7082	22,3860	#####
H ₂ O	5002,1782	18	277,5904	292,6980	#####
Total					161160

B. Panas Produk (ΔH_{11})**Panas Produk menuju Bin**

Komponen	m,kg/jam	BM	kmol/jam	CpdT	ΔH_9
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₁	304,6472	164157	0,0019	23,3454	7112,1
Abu (Carbon)	13,5363	12	1,1270	23,3600	316,2
Fiber	13,5363	1000000	0,0000	23,3600	316,2
α - Amilase	9,1370	52	0,1757	36,8942	337,1
NaOH	259,0986	40	6,4781	56,2100	14563,9
deksrin	5552,1118	3283	1,6911	23,3454	#####
H ₂ O	50,0218	18	2,7759	305,2422	15268,7
Total					167530,

Panas bahan keluar menuju Cyclone

Komponen	m,kg/jam	BM	kmol/jam	CpdT	ΔH_{10}
(C ₆ H ₁₂ O ₅) ₁	3,0772	164157	0,00002	26,5434	81,6
Abu (Carbon)	0,1367	12	0,0114	26,5600	3,6
Fiber	0,1367	1000000	0,00000	26,5600	3,6
α - Amilase	0,0923	52	0,0018	41,9482	3,8
NaOH	2,6172	40	0,0654	63,9100	167,2
deksrin	56,0819	3283	0,01708	26,5434	1488,6
H ₂ O	4952,1564	18	274,8145	347,0562	171867,
Total					172042,

$$\begin{aligned}\Delta H_c &= \text{Panas bahan keluar dari Bin} + \text{Cyclone} \\ &= 167530,5915 + 172042,2645 \\ &= 1887955,8559 \text{ kJ}\end{aligned}$$

B. Panas udara kering masuk (ΔH_{12})

$$\begin{aligned}\text{- Massa H}_2\text{O yang diuapkan} &= \text{H}_2\text{O masuk} - \text{H}_2\text{O keluar} \\ &= 5002,1782 - 50,0218 \\ &= 4952,1564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$C_{pl} 100^\circ\text{C} = 1 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \quad \text{*Perry 6th}$$

$$\lambda 100^\circ\text{C} = 524 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$C_{pv} 110^\circ\text{C} = 0,459 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}\text{- } \Delta H\{\} &= m \times (C_{pl} \times \Delta T + \lambda + C_{pv} \times \Delta T) \\ &= 4952,156 \times (1 \times 70 + 524 + 0,459 \times 3) \\ &= 2948400,0200 \text{ kkal}\end{aligned}$$

$$C_{p\text{udara}} 115^\circ\text{C} = 1,0120 \text{ kJ.kg.C}$$

$$\begin{aligned}\text{- Massa udara kering masuk} &= \frac{\Delta H\{\}}{C_p \times \Delta T} = \frac{2948400,0200}{0,2 \times 85} \\ &= 143413,18 \text{ kg}\end{aligned}$$

B. Menghitung panas udara kering keluar heater (ΔH_{12})

$$\text{Massa udara kering keluar} = 143413,180 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 T_{\text{out}} &= 95 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{\text{ref}} &= 25 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 C_p &= 1,0120 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \quad (\text{A.3-3 Geankoplis 3rd edition}) \\
 &= 0,2419 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{12} &= m \times C_p \times \Delta T \\
 &= 143413,180 \times 0,24187 \times 70 \\
 &= 2442759,3104 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

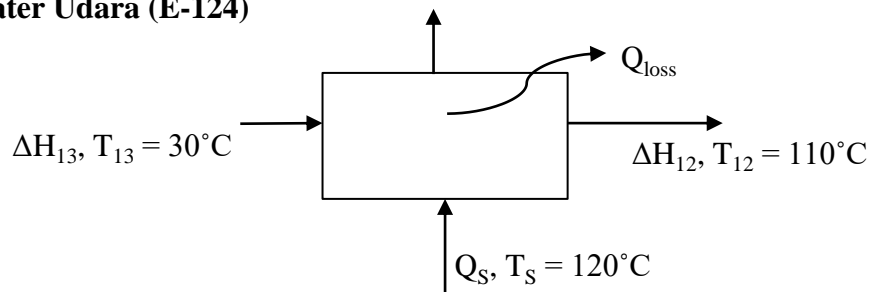
C. Menghitung panas yang hilang (Q_{loss})

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \text{ panas masuk} \\
 &= 5\% (\Delta H_1 + \Delta H_2) \\
 &= 5\% \times (1611606,8391 + 2948400,0200) \\
 &= 228000,3430
 \end{aligned}$$

Neraca Panas Total pada Spray Dryer

Masuk		Keluar	
Komponen	Kalor	Komponen	Kalor
ΔH_6	1611606,8391	ΔH_{10}	2442759,3104
ΔH_8	2948400,0200	ΔH_9	1887955,8559
		Q_{loss}	228000,3430
Total	4560006,8591		4558715,5093

4. Heater Udara (E-124)



Neraca Panas Total

$$\Delta H_{11} + Q_s = \Delta H_8 + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

ΔH_{13} = Panas yang terkandung dalam udara kering masuk heater

ΔH_{12} = Panas yang terkandung dalam udara kering keluar heater

Q_s = Panas yang terkandung dalam steam masuk heater

Q_{loss} = Panas yang hilang

A. Panas udara kering masuk (ΔH_{13})

Massa udara kering masuk = 143413,180 kg

$$T_{\text{in}} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ref}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_p = 1,0048 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \quad (\text{A.3-3 Geankoplis 3rd edition})$$

$$= 0,2401 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{18} &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 143413,1802 \times 0,2401 \quad (30 - 25) \\ &= 172201,3683 \text{ kkal}\end{aligned}$$

B. Menghitung panas udara kering keluar heater (ΔH_{12})

$$\begin{aligned}\text{Massa udara kering keluar} &= 143413,1802 \text{ kg} \\ T_{\text{out}} &= 110 \text{ }^\circ\text{C} \\ T_{\text{ref}} &= 25 \text{ }^\circ\text{C} \\ C_p &= 1,0120 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \quad (\text{A.3-3 Geankoplis 3rd edition}) \\ &= 0,2419 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{11} &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 143413,180 \times 0,24187 \quad (110 - 25) \\ &= 2948400,0200 \text{ kkal}\end{aligned}$$

C. Menghitung panas yang diberikan oleh steam (Q_s)

$$\begin{aligned}Q_{\text{loss}} &= 5\% \text{ panas masuk} \\ &= 5\% (\Delta H_{18} + Q_s) \\ &= 5\% \times (172201,368 + Q_s) \\ &= 8610,068 + 5\% \cdot Q_s\end{aligned}$$

Neraca Panas Total

$$\begin{aligned}\Delta H_{11} + Q_s &= \Delta H_8 + Q_{\text{loss}} \\ 172201,368 + Q_s &= 2948400,0200 + 8610,07 + 0,05 \cdot Q_s \\ 0,95 Q_s &= 2784808,7201 \\ Q_s &= 2931377,6002 \text{ kkal}\end{aligned}$$

D. Menghitung panas yang hilang (Q_{loss})

$$\begin{aligned}Q_{\text{loss}} &= 8610,0684 + 5\% \cdot Q_s \\ &= 8610,0684 + 5\% \times 2931377,6002 \\ &= 155178,948 \text{ kkal}\end{aligned}$$

E. Menghitung kebutuhan steam

$$\begin{aligned}\text{Steam masuk : } T_{\text{in}} &= 120,00 \text{ }^\circ\text{C} \\ P &= 198,53 \text{ kPa} \\ \lambda &= 2205,6 \text{ kJ/kg} \\ &= 527,14 \text{ kkal/kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Steam yang dibutuhkan} &= \frac{Q_s}{\lambda} \\ &= \frac{12264883,8790}{527,1360} \\ &= 23267 \text{ kg}\end{aligned}$$

Neraca Panas Total pada Heater Udara

Masuk		Keluar	
Komponen	Kalor	Komponen	Kalor
ΔH_{13}	172201,3683	ΔH_{12}	2948400,0200
Q_s	2931377,6002	Q_{loss}	155178,9484

Total	3103578,9684		3103578,9684
-------	---------------------	--	---------------------